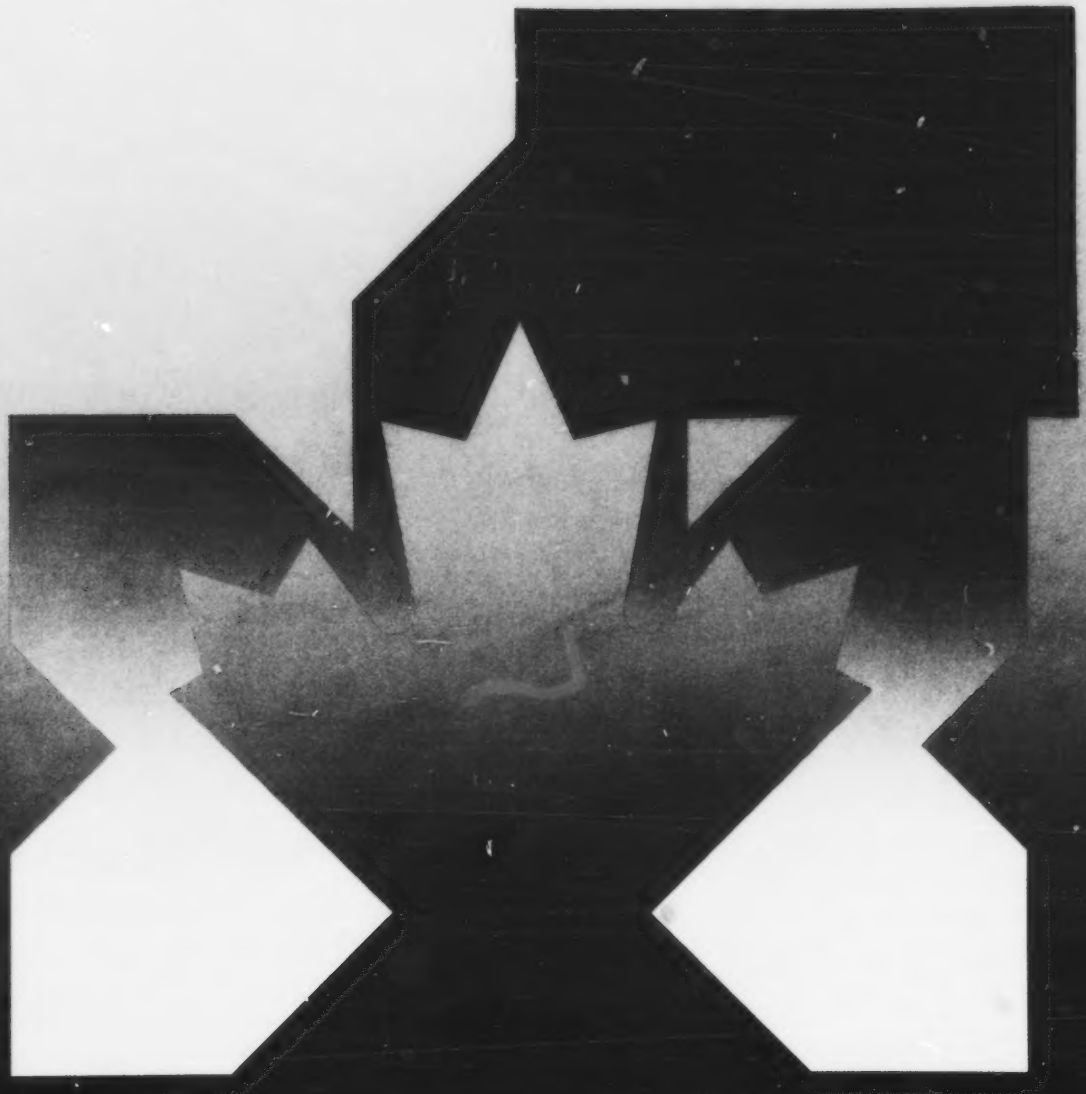
SCHL CMHC

Question habitation, comptez sur nous



Canada

Cette bonne odeur de bois

Émanations de gaz de combustion provenant des systèmes résidentiels de chauffage au bois

Rapport produit pour le compte de la
Division de la recherche,
Secteur des propositions, de la recherche et des programmes
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Dossier n° 6718-10
par
Performance Woodburning Inc.
et
l'IRTA

Principaux consultants : John Gulland
Performance
Woodburning
Inc.
Charles LeMay
IRTA

Directeur de projet de la SCHL : Christopher Ives

Mars 1991

Sommaire

Des études antérieures indiquent que le chauffage au bois peut, dans certaines conditions, libérer des fumées dans l'habitation. Ces polluants, reconnus comme substances cancérigènes, risquent de porter préjudice à la santé des occupants s'ils s'y retrouvent en forte concentration ou en concentration modérée pendant une longue période. L'étude de 100 systèmes de chauffage au bois choisis ici et là au Canada avait pour but d'établir l'état des systèmes et, par le biais d'entrevues, la fréquence, la durée et l'intensité des émanations. La vérification sur place de 35 autres systèmes analogues visait à déterminer les conditions propices aux émanations de fumée. Les essais en laboratoire tendaient à découvrir les causes des émanations et autres mécanismes précis y contribuant. Les mesures correctives ont été mises à l'essai et les résultats formulés. Les recherches démontrent la possibilité de prévenir les émanations grâce à un système bien conçu, au choix des composants et au fonctionnement et à l'entretien tout indiqués de l'appareil.

Mots clés : poêle à bois, pollution de l'air intérieur, émanations de gaz de combustion, refoulement.

Déni de responsabilité

Cette étude a été effectuée par Performance Woodburning et l'IRTA pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, en vertu de la Partie IX de la Loi nationale sur l'habitation et grâce à une subvention du Comité interministériel de la recherche et du développement énergétiques. L'analyse, les interprétations et les conclusions sont l'oeuvre des consultants et ne représentent pas nécessairement les points de vue de la Société canadienne d'hypothèques et de logement ou de ses divisions qui ont contribué à l'étude et à sa publication.

92-02108/

Cette bonne odeur de bois

Émanations des gaz de combustion provenant de systèmes résidentiels de chauffage au bois

Table des matières

Résumé 1
1. Introduction 4
   Mandat 5
   Méthodologie 5
2. Les problèmes d'évacuation des gaz de combustion sont-ils répandus? .. 6
   Aperçu 6
   Cas d'émanations relevés 6
3. Les causes des problèmes d'évacuation 8
   Influence de la constitution du système sur la fréquence des émanations 8
   Restrictions internes du débit des appareils 11
   Transfert calorifique de l'appareil 13
   Condensation des produits de combustion 14
   Forme et dimensions de la porte de chargement de l'appareil 15
   Autres incidences des éléments constituants des appareils 19
   Exposé sur les prises d'air extérieur 23
   Observations 26
4. L'élément humain 29
   Profil des répondants 29
   Réactions des répondants face aux émanations 30
5. Mise à l'essai des mesures correctives 31
   Objectifs des essais 31
   Résultats de la mise à l'essai des mesures correctives 31
6. Conclusions 34
7. Outils de planification et de diagnostic 37
   Évaluation des caractéristiques d'un système 37
   Résumé du diagnostic des émanations 38
   Résumé des mesures correctives 39
   Résumé des directives visant à prévenir les émanations 41

Figures

Figure 1 Diamètre de la buse et diamètre de la SDÉ..... 12
Figure 2 Température des gaz de combustion de deux appareils..... 14
Figure 3 Appareillage d'essai déterminant la formation de condensation... 15
Figure 4 Simulation des émanations de fumée..... 16
Figure 5 Émanations la porte ouverte..... 18
Figure 6 Constitution des appareils..... 21
Figure 7 Explications du refoulement à froid..... 26
Figure 8 Diagnostic des émanations..... 38

Tableaux

Tableau 1 Résultats de la SDÉ de divers appareils..... 13
Tableau 2 Évaluation des caractéristiques des systèmes..... 37
Tableau 3 Mesures correctives..... 39

Annexes

A Documents d'enquête et analyse
B Vérification sur place
C Essais de SDÉ des appareils
D Essais de transfert calorifique
E Simulations d'émanations de fumée

Résumé

Cette bonne odeur de bois

Enquêteur : «Votre poêle à bois fume-t-il?»
Occupant : «Non.»
Enquêteur : «Alors, permettez-moi de vous poser la question suivante : Lorsque votre poêle fonctionne, avez-vous déjà remarqué une bonne odeur de bois qui se dégage dans la maison?»
Occupant : «Oui, et nous en raffolons. C'est l'un des agréments que nous procure un feu de bois.»

Le titre du rapport reflète l'une des principales conclusions de la recherche de la SCHL en matière d'émanations des gaz de combustion provenant du chauffage au bois. Contrairement aux installations de chauffage alimentés en combustibles classiques comme le mazout et le gaz, le comportement des systèmes de chauffage au bois est fortement subordonnée à leur mode d'utilisation et à la sensibilité de l'occupant à l'odeur de fumée dans la maison. Le titre **Cette bonne odeur de bois** a été retenu, car il attire l'attention sur l'importance de «l'élément humain» pour réduire la pollution de l'air intérieur causée par les systèmes de chauffage au bois. Il fait également ressortir l'idée que la fumée de bois dégage une odeur plaisante inoffensive, malgré le fait qu'elle soit composée de particules cancérigènes connues ou soupçonnées.

Les recherches effectuées pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) révèlent que les foyers répandent couramment des produits de combustion dans les aires de séjour. Des travaux ultérieurs indiquent que les foyers préfabriqués assortis de portes consument moins d'air que prévu, donc risquent moins de dégager des émanations en période de dépressurisation modérée. La présente étude étend la portée des travaux aux appareils de chauffage au bois tels que poêles, appareils de cuisson, foyers encastrables et systèmes de chauffage central.

Pour déterminer la fréquence et l'intensité des émanations issues des systèmes existants, nous nous sommes entretenus avec 100 ménages d'un océan à l'autre et avons confié à des techniciens experts le soin de vérifier leur système de chauffage au bois. Même si 97 systèmes ont refoulé des fumées à un moment ou l'autre, la moitié n'ont donné lieu qu'à des incidents mineurs, facilement corrigibles par l'utilisateur. Le type d'émanations le plus courant survient en ouvrant la porte de l'appareil pour l'allumage ou le rechargement; en effet, 85 p. 100 des utilisateurs signalent des cas d'émanations la porte de l'appareil ouverte. Les émanations survenant la porte fermée, incident jugé plus sérieux, ont été rapportées par 30 des utilisateurs interrogés. Environ 10 p. 100 des systèmes exhibaient des défaillances sérieuses au point d'exiger, pour remédier à la situation, d'importantes modifications de conception et le remplacement de composants.

L'analyse des données de l'enquête permet d'établir des liens entre les caractéristiques des systèmes, d'une part, et le type et la fréquence des émanations, d'autre part. Par exemple, les systèmes avec de longs tuyaux de raccordement ou avec plus d'un coude risquaient davantage de répandre des émanations au moment d'ouvrir la porte, que les systèmes avec des tuyaux de raccordement courts ou avec un coude au maximum. Les systèmes reliés à une

cheminée longeant le mur extérieur du bâtiment sont un peu plus exposés aux émanations la porte ouverte. Les appareils dotés d'un registre de dérivation interne commandé manuellement, ou d'un régulateur bimétallique d'air comburant, ou encore d'une clé dans le tuyau de raccordement, risquent vraisemblablement tous de répandre des émanations la porte fermée. La fréquence statistique des occurrences d'émanations était beaucoup plus élevée chez les systèmes sérieusement déficients que parmi le reste de l'échantillon.

L'une des conclusions essentielles de l'enquête fait ressortir l'importance du rôle de l'utilisateur dans le comportement du système. Certains systèmes censés résister «parfaitement» aux émanations degageaient de la fumée à cause de leur mode d'utilisation, et inversement, certains systèmes dont plusieurs caractéristiques les prédestinent aux émanations opèraient sans problème en raison d'un usage soigné et averti. L'enquête révèle que dans environ 50 p. 100 de tous les cas d'émanations relevés, l'utilisateur semble être la cause majeure; il semble d'ailleurs exercer une influence dans la grande majorité des problèmes.

Au total, 34 systèmes ont été soumis, sur place, à des essais plus ou moins approfondis, allant de l'instrumentation complète jusqu'au simples entretiens avec le propriétaire. Certaines mesures correctives susceptibles de réduire les possibilités d'émanations ont été mises au point et éprouvées, alors que l'instrumentation des systèmes visait à observer les différences de comportement. En général, les mesures correctives poursuivaient deux objectifs: réduire les restrictions ou causes défavorables au mouvement des gaz de combustion, et élever la température moyenne des gaz de combustion dans tout le système. Les correctifs ont, pour la plupart, été couronnés de succès au point de supprimer tout à fait les émanations. Par contre, des modifications au système de chauffage au bois n'ont pas enrayé les refoulements provoquées par de puissants ventilateurs d'extraction, tels la hotte de cuisinière et les ventilateurs d'évacuation. Des situations du genre requièrent de modifier le système de ventilation ou d'installer un système de compensation d'air pour l'ensemble de la maison.

Les essais en laboratoire tendaient à évaluer à quel point la constitution de l'appareil influe sur sa sensibilité au refoulement des fumées. Les recherches démontrent que certaines caractéristiques des éléments constituants des appareils augmentent les risques d'émanations : les portes de chargement démesurément grandes par rapport à la section de la buse, l'emplacement de la sortie de gaz au même niveau ou plus bas que le haut de la porte, ainsi que les restrictions internes gênant le mouvement des gaz, comme les conduits d'évacuation de faible section. En conclusion, les fabricants se doivent de tenir compte, en concevant leurs appareils, de leur sensibilité aux émanations. Le rapport propose d'ailleurs une méthode d'essai permettant d'évaluer la susceptibilité des appareils à dégager des émanations.

Les appareils satisfaisant aux règles d'émission de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) semblent poser moins de risques d'émanations la porte fermée que les appareils classiques en raison de leur capacité à maintenir les gaz de combustion à une température stable, même à des taux de combustion relativement bas.

Cette recherche révèle aussi que les émanations sont normalement attribuables au concours de plusieurs facteurs, tels les actions de l'utilisateur, le type de système et les influences externes comme le temps. Pour réussir, le diagnostic et les mesures correctives doivent donc couvrir toute la gamme des facteurs en jeu.

1. Introduction

Au Canada, 369 000 ménages considèrent le bois comme leur principale source d'énergie de chauffage domestique. Un million d'autres ménages l'utilisent à titre d'énergie d'appoint, en plus d'une source classique[1]. Réunies, ces deux catégories d'utilisateurs d'énergie bois représentent plus de 20 p. 100 de tous les logements individuels répartis au Canada. L'énergie bois contribue grandement à répondre aux besoins de chauffage des habitations; en fait, des estimations prudentes lui attribuent une valeur de substitution des ressources énergétiques classiques de l'ordre d'un demi-milliard de dollars.

Tout au long des années 1980, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a été le point de convergence de la recherche axée sur les causes des anomalies d'évacuation des systèmes de combustion résidentiels alimentés au mazout, au gaz ou au bois. L'évacuation fautive donne lieu à un dégagement partiel ou complet des produits de combustion dans les aires de séjour. Comme on soupçonne certaines particules de la fumée de bois d'être cancérigènes, les émanations de combustion provenant des systèmes de chauffage au bois sont perçues comme un risque à la santé des gens habitant des logements équipés de tels systèmes.

Dans le domaine du chauffage au bois, la SCHL s'est penchée sur les anomalies d'évacuation des foyers[2] (la plupart en maçonnerie) et sur des travaux de recherche en laboratoire concernant la dynamique des mouvements d'air dans les foyers préfabriqués[3]. Les premiers relevés indiquent qu'une grande proportion des foyers dégagent des émanations à divers degrés. D'ultérieurs travaux en laboratoire ont démontré que les portes vitrées des foyers, même celles dépourvues d'un cordon d'étanchéité, et peu étanches, résistent mieux au dégagement d'émanations. Ils ont également fait la preuve que les foyers avec portes étanches et prise d'air réglable consument assez peu d'air comburant qu'ils ne soumettraient probablement pas la maison à une importante dépressurisation. Finalement, ces travaux qualifient d'inefficaces les prises d'air de compensation extérieurs, et soulignent que les prises d'air extérieur raccordées directement à la chambre de combustion, quoique possiblement efficaces sont susceptibles de subir une inversion de tirage dans certaines circonstances. Elles peuvent alors amener le surchauffement des matériaux combustibles à proximité du conduit.

Ces recherches ont permis d'élucider certaines anomalies d'évacuation jusque là mal comprises et d'éclairer l'interaction de la maison et du système de chauffage au bois. Les travaux de la SCHL ont grandement contribué à comprendre le problème d'évacuation des foyers, mais on en savait peu sur la fréquence, l'intensité et les causes de l'évacuation fautive des gaz de combustion des appareils de chauffage au bois tels les poêles à bois, les appareils de cuisson et les systèmes de chauffage centraux.

---

1 Catalogue 64-202, trimestriel, de Statistique Canada, Équipement ménager, 1989

2 Rapport SCHL : Residential Combustion Venting Failure: A Systems Approach, Project 5; Remedial Measures for Woodburning Fireplaces, 1987

3 Rapport SCHL : Fireplace Air Requirements, 1989

Mandat

En vue d'étendre les recherches à toute la gamme de systèmes de chauffage standards au Canada, la SCHL a confié à la firme Performance Woodburning Inc. et à l'IRTA le mandat, d'une part, de sonder et de définir les mécanismes amenant l'évacuation fautive des systèmes résidentiels de chauffage au bois et, d'autre part, d'éprouver des mesures correctives.

Les travaux de recherche poursuivaient trois objectifs :

1) Parvenir à une évaluation qualitative du stock existant de systèmes résidentiels de chauffage au bois, en fonction de la configuration du système et des fréquences d'émanations.
2) Définir les caractéristiques des systèmes et les conditions externes causant les émanations.
3) Proposer des mesures correctives réduisant les risques d'émanations et les soumettre à des essais et à des vérifications sur place.
4) Découvrir à quel point les actions de l'utilisateur influent sur le refoulement des fumées, de façon à déterminer les mécanismes en jeu, et proposer d'autres méthodes pour réduire la fréquence des cas d'émanations.

Méthodologie

L'évaluation qualitative supposait la tenue à l'échelon national d'une enquête et de l'inspection aléatoires de maisons chauffées au bois, ainsi que l'analyse des résultats. Les caractéristiques des systèmes et les conditions susceptibles d'occasionner un refoulement ont été définies par la mise à l'essai en laboratoire d'appareils types, la mise à l'essai sur place de systèmes ciblés et par leur corrélation avec les résultats de l'enquête et de l'inspection. Les mesures correctives proposées se fondent justement sur les résultats de l'enquête et de l'inspection, des essais sur place et en laboratoire. Après la vérification à pied d'oeuvre de certains systèmes dans le but d'en établir le comportement tel quel, les mesures correctives ont été adoptées, puis les systèmes vérifiés de nouveau en vue de déceler toute différence de comportement. Les annexes livrent un exposé plus complet de la méthodologie.

2. Les problèmes d'évacuation des gaz de combustion sont-ils fréquents?

Aperçu

Cent ménages choisis au hasard dans tout le Canada ont été interrogés et leur système de chauffage au bois inspecté dans le dessein de déterminer la configuration et l'état des systèmes, de même que la fréquence et l'ampleur des cas d'émanations. Parmi les 100 propriétaires interrogés, seulement quatre prétendaient que leur système n'avait jamais dégagé d'émanations. Par contre, une photo de l'un des quatre appareils montre des signes évidents de taches de fumée au-dessus de la porte de chargement, témoignant d'importantes émanations. Les résultats de l'enquête prouvent que presque tous les systèmes de chauffage au bois libèrent jusqu'à un certain point des gaz de combustion dans l'habitation.

Cas d'émanations relevés

L'analyse des données d'enquête visait à déceler les tendances quant au type d'émanations et à cerner les caractéristiques des systèmes favorisant les émanations de combustion. Les cas relevés se répartissent en quatre catégories, par ordre croissant d'importance, comme suit :

1. Odeurs de toutes sortes
2. Émanations la porte de chargement ouverte
3. Émanations la porte de chargement fermée
4. Émanations au cours de la nuit

Odeurs de toutes sortes

L'enquêteur s'intéressait à quatre odeurs :

- une légère odeur de fumée de bois - 51 %
- une forte odeur de fumée de bois - 31 %
- l'odeur d'acier chauffé - 9 %
- l'odeur de créosote - 18 %

Parmi les 100 personnes interrogées, 19 répondants n'ont relevé aucune odeur quelconque, mais de ce nombre, 15 ont signalé une certaine quantité de fumée dans les autres catégories. Cette catégorie d'émanations est jugée la moins sérieuse.

Émanations la porte de chargement ouverte

Les émanations de cette catégorie sont considérées comme plus sérieuses que les odeurs, mais pas directement risquées, puisqu'on tient pour acquis que lorsque la porte de chargement est ouverte quelqu'un peut contrôler l'ampleur et la durée des émanations. Les réponses et la fréquence respective des émanations s'expriment de la façon suivante :

- toute sorte de fumée la porte ouverte - 85 %

- fréquence : rarement - 44 %
  à l'occasion - 29 %
  souvent - 12 %

Émanations la porte de chargement fermée

Jugées sérieuses, les émanations survenant la porte de chargement fermée dénotent une importante défaillance du système. Les réponses et la fréquence respective des émanations s'expriment ainsi :

- toute sorte de fumée la porte fermée - 31 %
- fréquence : rarement - 19 %
  à l'occasion - 11 %
  souvent - 1 %

Émanations au cours de la nuit

Les émanations de cette catégorie sont considérées comme les plus sérieuses puisqu'elles pourraient finir par avoir des conséquences néfastes sur les occupants ou même causer leur mort. Parmi l'échantillon total, 9 répondants ont perçu des émanations lorsque la famille dormait.

Même si presque tous les ménages interrogés ont déclaré que leur système de chauffage au bois rejetait de la fumée dans la maison, la majorité a indiqué qu'il s'agissait là de cas isolés et que la fumée ne s'y répandait qu'en faible quantité. Environ 30 p. 100 des systèmes relevés dégageaient d'importantes émanations, assez souvent pour susciter un motif de préoccupation, et environ 10 p. 100 présentaient de sérieuses anomalies.

3. Les causes des problèmes d'évacuation

Influence de la constitution du système sur la fréquence des émanations

Bien des éléments constituants et des conditions d'utilisation des systèmes de chauffage au bois risquent d'occasionner des émanations de gaz de combustion. Les systèmes inspectés comportaient, pour la plupart, des caractéristiques propices aux émanations et d'autres susceptibles de les contrer. Pour cette raison, les tentatives d'analyser les données d'enquête portant sur plusieurs de ces paramètres n'ont d'abord permis de déceler aucune tendance significative. Toutefois, après l'analyse des éléments constituants de chacun des systèmes des ménages interrogés, certaines tendances ont commencé à se dessiner.

Longueur du tuyau de raccordement et émanations la porte ouverte

Dans l'échantillon d'enquête, la longueur du tuyau de raccordement était fonction de la fréquence des émanations la porte ouverte. En effet, les systèmes qui dégageaient souvent des émanations la porte ouverte avaient un tuyau de raccordement représentant pratiquement le double de la longueur totale et plus du triple du parcours horizontal de celui des systèmes pour lesquels on ne rapportait pas d'émanations la porte ouverte.

- jamais : longueur totale moyenne de 105 cm (42 po) et parcours horizontal de 28 cm (11 po) du tuyau de raccordement
- rarement : longueur totale moyenne de 162 cm (65 po) et parcours horizontal de 60 cm (24 po) du tuyau de raccordement
- à l'occasion : longueur totale moyenne de 138 cm (55 po) et parcours horizontal de 39 cm (16 po) du tuyau de raccordement
- souvent : longueur totale moyenne de 201 cm (80 po) et parcours horizontal de 108 cm (43 po) du tuyau de raccordement

Coudes du tuyau de raccordement et émanations la porte ouverte

Les systèmes aux prises avec des émanations la porte ouverte étaient à peu près deux fois plus susceptibles de comporter un tuyau de raccordement avec des coudes de 45° ou 90° que ceux qui n'en dégageaient pas. Cette constatation s'explique par l'accroissement de la résistance et le refroidissement des gaz de combustion attribuables aux coudes. La présence d'un coude de 90° confère forcément au tuyau de raccordement un certain parcours horizontal, lequel favorise également les émanations la porte ouverte.

Comment le tuyau de raccordement influe sur les émanations

Un poêle à bois de taille moyenne fonctionnant à un taux de combustion modéré produit dans le tuyau de raccordement un déplacement de gaz d'une vélocité de l'ordre de 1 mètre par seconde. À cette faible vélocité, les coudes et sections droites offrent peu de résistance au mouvement, en fait beaucoup moins que les registres d'admission d'air et les conduits internes d'air comburant. Mais, dès l'ouverture de la porte de chargement de l'appareil, la vélocité des gaz augmente considérablement, pouvant atteindre jusqu'à 2 mètres par seconde, à mesure que l'air de dilution s'engouffre par la porte et parvient au système. À pareille vélocité, chaque coude de 90° et chaque mètre du tuyau de raccordement fait pratiquement tripler la résistance au déplacement comparativement à la

résistance offerte à un débit de 1 mètre par seconde[4]. Quant aux systèmes ne comptant qu'un mètre de tuyau de raccordement et un seul coude de 90°, la chute de pression dans le tuyau de raccordement peut totaliser moins de 1 Pa. Un long tuyau de raccordement à deux ou trois coudes de 90° pourrait occasionner une chute de pression de 5 Pa ou plus, et ainsi être principalement à l'origine des émanations. À noter également que, lorsque la porte de chargement est fermée, le lieu offrant la principale résistance se déplace, passant du registre d'admission d'air, en amont du feu, au conduit de raccordement, en aval du feu. C'est ce qui explique pourquoi, dans l'échantillon d'enquête, la longueur du tuyau de raccordement et le nombre de coudes ne sont pas ressortis comme facteurs propices aux émanations la porte fermée, mais comme facteurs clés favorisant les émanations la porte ouverte. L'analyse rémoigne aussi de l'importance de tenir les canalisations d'évacuation des fumées propres dans le but de prévenir les risques d'émanations la porte ouverte.

Cheminée intérieure/extérieure et émanations la porte ouverte

On a découvert une corrélation entre la fréquence des émanations la porte ouverte et l'emplacement de la cheminée à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe de la maison. Les cheminées extérieures tendent en moyenne à produire un tirage plus faible que les cheminées intérieures, étant exposées au froid. De plus, elles obligent à assembler le tuyau de raccordement avec au moins un coude, sans oublier que l'embase de la cheminée marque un autre changement de direction de 90° des gaz de combustion.

- jamais d'émanations - 40 % étaient raccordés à une cheminée extérieure
- rarement - 50 % étaient raccordés à une cheminée extérieure
- à l'occasion - 50 % étaient raccordés à une cheminée extérieure
- souvent - 70 % étaient raccordés à une cheminée extérieure

Registre de dérivation et émanations la porte fermée

Les appareils dotés d'un registre de dérivation semblent susciter davantage d'émanations la porte fermée que les appareils en étant dépourvus. Le registre de dérivation est conçu pour les appareils présentant des restrictions élevées, qui autrement dégageraient énormément d'émanations. Ce registre s'ouvre au moment d'allumer un feu ou de procéder au rechargement de l'appareil. Les appareils de cuisson, les appareils à combustion catalytique, les appareils à tirage latéral ou à tirage par le bas, de même que les appareils à tirage restrictif par le haut[5] font appel à un registre de dérivation. Les restrictions internes font augmenter les possibilités d'émanations la porte fermée, lorsque la cheminée tire peu en raison de son refroidissement ou d'un feu couvant.

- jamais d'émanations - 17 % comportaient un registre de dérivation
- rarement - 32 % comportaient un registre de dérivation
- à l'occasion ou souvent - 55 % comportaient un registre de dérivation

---

[4] Fondé en partie sur le ASHRAE Handbook of Fundamentals, Chapter 33 : Duct Design

[5] Voir l'exposé concernant la constitution des appareils, page 21

Regulateur bimétallique d'air comburant et émanations la porte fermée

Dans l'échantillon aléatoire, les appareils équipés d'un régulateur bimétallique d'air comburant étaient légèrement plus susceptibles d'être associés au dégagement d'émanations la porte fermée. En effet, le régulateur bimétallique réduit l'alimentation en air comburant à mesure que s'élève la température de l'appareil, dans le but de régir automatiquement le taux de combustion et la production de chaleur. Par contre, le régulateur réglé légèrement trop bas risque de réduire pratiquement à néant l'alimentation en air et de provoquer ainsi une combustion inefficace, son taux étant inférieur à ce qui est prévu. L'étouffement du feu par inadvertance peut entraîner des oscillations de la combustion, des émanations la porte fermée caractérisées par l'apparition de bouffées de fumée, courtes mais répétées. Cinq des dix systèmes ayant, au dire de l'utilisateur, répandu des émanations sous forme de bouffées, comportaient un régulateur d'air bimétallique.

Clé sur le tuyau de raccordement et émanations la porte fermée

Une proportion légèrement supérieure des systèmes dégageant des émanations la porte fermée étaient dotés d'une clé dans le tuyau de raccordement, par rapport à ceux pour lesquels on ne signalait pas d'émanations. Certains répondants ont admis que des émanations se dégageaient lorsqu'ils fermaient trop la clé et réduisaient la combustion au point d'obtenir un feu couvant.

- 24 % des répondants ayant signalé des incidents d'émanations disposaient d'un appareil équipé d'une clé
- 35 % des répondants ayant signalé des incidents d'émanations disposaient d'un appareil équipé d'une clé

L'échantillon n'établit aucune corrélation entre le raccordement d'un appareil à une cheminée extérieure et le dégagement d'émanations la porte fermée. Qui plus est, un plus grand nombre d'appareils sans antécédents d'émanations étaient raccordés à une cheminée extérieure plutôt qu'à une cheminée intérieure.

Caractéristiques des systèmes affichant de sérieuses anomalies

Pour simplifier l'analyse des données d'enquête, nous avons mis au point un barème de notation afin de ramener les diverses réponses obtenues des quatre catégories d'émanations à un seul nombre. La notation, fondée sur l'intensité des émanations, s'exprime comme suit :

Odeurs de toutes sortes	Légères	1
	Fortes	2
Émanations la porte ouverte	Rarement	1
	À l'occasion	2
	Souvent	4
Émanations la porte fermée	Rarement	3
	À l'occasion	4
	Souvent	5
Émanations au cours de la nuit		6

Ramener ce barème de notation aux 100 ménages enquêtés donne la répartition suivante :

Note de zéro : pas d'émanations	3
Note de 1 à 4 : de peu d'importance	65
Note de 5 à 8 : d'importance modérée	21
Note de 9 ou plus : d'importance sérieuse	11

L'examen approfondi des 11 appareils ayant reçu une note de 9 visait à déceler les causes des sérieux cas d'émanations.

Lors de la vérification des 11 appareils présentant de sérieuses anomalies, la cause des émanations s'est cristallisée. En effet, cinq systèmes étaient raccordés à une cheminée extérieure, et cinq appareils se trouvaient au sous-sol. Le tuyau de raccordement de cinq appareils était pourvu d'un registre à manette, en cause lors des émanations. L'un des systèmes avait un tuyau de raccordement d'un parcours de 3,4 mètres (11 pieds), avec trois coudes de 90°. Les émanations étaient associées à des feux couvants dans sept cas et trois d'entre eux affichaient des dépôts de créosote lustrée dans la chambre à combustion. Dans une maison, la hauteur totale (de la base de l'appareil jusqu'au couronnement de la cheminée) n'atteignait que 4,6 mètres (15 pieds) et l'appareil était pourvu d'une très grande porte de chargement. Le comportement d'une cheminée était grandement perturbé par les effets du vent imputables aux arbres dominant la maison. Les onze systèmes sérieusement défaillants se caractérisaient par une fréquence statistique de caractéristiques défavourables d'émanations de beaucoup supérieure au reste de l'échantillon.

Restrictions internes du débit des appareils

Objectifs des essais

On blâme généralement les conduits d'évacuation pour les émanations puisque leur fonction est précisément de rejeter à l'extérieur les produits de combustion. Pourtant, certains appareils de chauffage au bois restreignent l'évacuation des gaz favorisant par la même occasion les émanations la porte ouverte. Dès l'ouverture de la porte de chargement, il est souhaitable que les produits de combustion ne rencontrent qu'une faible résistance dans leur cheminement.

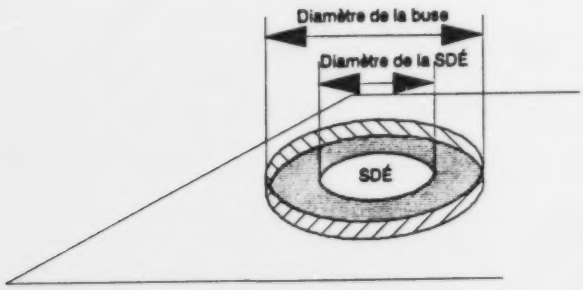
Pour inculquer aux fabricants la notion de résistance à l'évacuation et leur fournir un moyen de la mesurer, un dispositif de mesure de la pression statique et du débit d'un appareil de chauffage au bois a été mis au point. Un conduit pourvu d'un ventilateur, servait à tirer l'air à travers l'appareil à l'essai. Le débit était mesuré par un débitmètre a plaque d'orifices. La plupart des essais étaient effectués la porte de chargement ouverte. L'Annexe B fournit une description plus détaillée du dispositif.

Pour en interpréter les résultats, nous invoquons la notion de section de débit équivalente (SDÉ). Dans le domaine de l'habitation, la surface de fuite équivalente, unité de mesure exprimant l'ensemble des fuites traversant l'enveloppe d'un bâtiment, se détermine en pressurisant la maison et en en mesurant le débit total. En l'occurrence, la SDÉ correspond à la section de l'orifice à travers lequel le débit d'air passerait dans l'appareil à une

différence de pression donnée. Il représente la résistance totale de l'appareil au débit, en termes de section d'orifice.

Plus la SDÉ est petite, plus la résistance au débit augmente. Pour en simplifier davantage la présentation, la SDÉ est comparée au diamètre de la buse (figure 1), tel un orifice limitant le passage des gaz de combustion. Cette notion de diamètre de buse équivalent s'avère précieuse en ce sens qu'elle permet de se faire rapidement une image mentale de la SDÉ de l'appareil.

Figure 1
Diamètre de la buse et «diamètre» de la SDÉ



Résultats d'essais

Le tableau 1 reprend les résultats d'une partie des essais de SDÉ effectués lors des travaux. Le diamètre équivalent indiqué au tableau 1 se veut le diamètre d'un orifice constituant la résistance au débit.

À l'issue des travaux en laboratoire concernant la SDÉ, nous pouvons formuler les observations suivantes :

1. À mesure que diminue la SDÉ d'un appareil laissé porte ouverte, les risques d'émanations porte ouverte augmentent.

2. À mesure qui la augmente SDÉ d'un appareil laissé porte ouverte augmente, les risques d'émanations porte ouverte diminuent.

3. La SDÉ d'un appareil laissé porte ouverte constitue l'un des facteurs influençant la tendance d'un appareil de chauffage au bois à répandre des produits de combustion.

Tableau 1
Résultats de la SDÉ de divers appareils

	Type d'appareil	Diam. buse cm	SDÉ m²	Diam. équiv. cm	% Diff.	Dimension porte largeur cm	Dimension porte hauteur cm	surface porte cm²	Ratio porte-tuyau
Lakewood Cottager	Non-EPA*	15	0.0120	12	-20 %	24	24	582	1:3,3
PSG Dynastie	Non-EPA	15	0.0180	15	0	35	29	1 029	1:5,8
Regency R6 Large	EPA non-cat.	15	0,0126	13	-13 %	52	22	1 124	1:6,4
Regency R3 Medium	EPA non-cat.	15	0,0070	9	-40 %	44	20	869	1:5,1
Seefire 900S	EPA non-cat.	15	0,0078	10	-33 %	37	26	959	1:4,9
Haugh's Cabot Elite	EPA non-cat.	15	0,0129	13	-13 %	48	21	1 011	1:5,7
Haugh's Mini	Non-EPA	15	0,0130	13	-13 %	38	21	798	1:4,5
Lakewood Unicorn	Non-EPA	18	0,0205	16	-11 %	45	28	1 260	1:5,0
Security, BIS	EPA non-cat.	18	0,0198	16	-11 %	57	32	1 815	1:7,1
V.C. Defiant Encore	EPA catal.	19	0,0187	15	-21 %	54	29	1 542	1:5,4
Fisher Grandma Bear Furnace Surefire 201 A	Non-EPA	20	0,0221	17	-15 %	53	28	1 490	1:4,7
Morso	Non-EPA	20	0,0206	16	-20 %	30	36	1 084	1:3,5
Valley Comfort C31	Non-EPA	18	0,0143	13	-28 %	52	33	1 716	1:6,8
		15	0,0161	14	-6 %	24	25	613	1:3,5

* Non certifié par l'EPA

Transfert calorifique de l'appareil

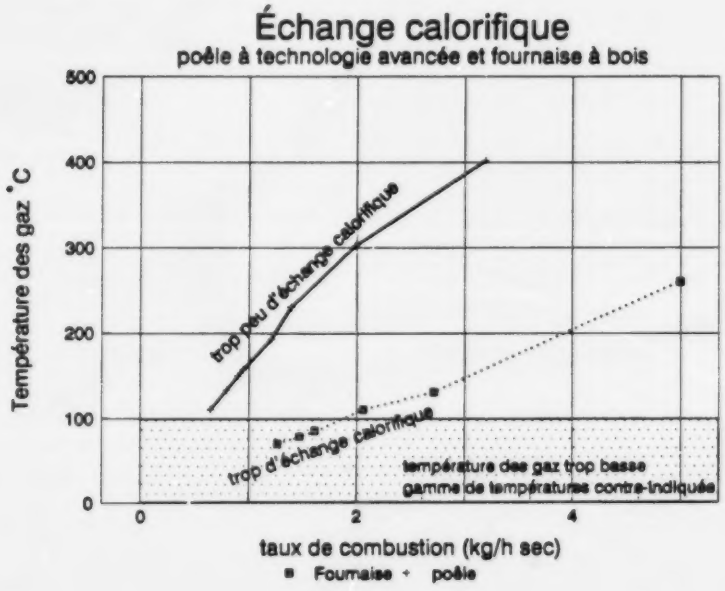
Le tirage est causé par la différence de température entre la colonne des gaz du système de chauffage et l'air extérieur à cette colonne. Il faut s'attendre à ce qu'un appareil apportant un transfert calorifique démesuré abaisse la température moyenne des gaz et entrave le tirage. Un transfert calorifique démesuré jumelé à une forte résistance au débit (faible SDÉ) accroît les risques d'émanations.

Au début, les essais en laboratoire visaient à établir comment le transfert calorifique d'un appareil influait sur le tirage de la cheminée. Au moyen d'une résistance électrique tenant lieu de source de chaleur, nous avons tenté de relier les caractéristiques de transfert calorifique d'une foule d'appareils à leurs risques d'émanations. Les graphiques illustrant ces travaux figurent à l'annexe D. Malheureusement, les essais n'ont pas permis d'obtenir de résultats utiles, puisque la source de chaleur électrique a mis à jour des variables complexes qui nous ont empêchés d'établir des comparaisons valables.

D'autres travaux en laboratoire, effectués dans le cadre d'autres recherches, consistaient à soumettre des appareils aux essais d'émission prévus dans la norme CSA B415. La figure 2 montre les résultats obtenus de deux appareils de chauffage au bois. La fournaise utilisée suscite des températures de gaz de combustion beaucoup plus basses que le poêle à bois de technologie avancée. La fournaise à l'instar de nombreux autres, présente une vaste surface de transfert calorifique qui, a-t-on constaté, gêne le fonctionnement du système à des taux de combustion bas. Même en consumant 2 kilogrammes de combustible à l'heure, extrait tellement de chaleur que les

températures à la base de la cheminée demeurent encore très basses, soit environ 100 degrés Celsius. A faible puissance, comme celle utilisée généralement la nuit, les températures de la fournaise tombent probablement dans la gamme inférieure reproduite ci-après. Cette gamme de températures n'est cependant pas recommandée, puisqu'elle n'assure pas une combustion sûre et efficace.

Figure 2
Température des gaz de combustion de deux appareils affichant différentes caractéristiques d'échange calorifique

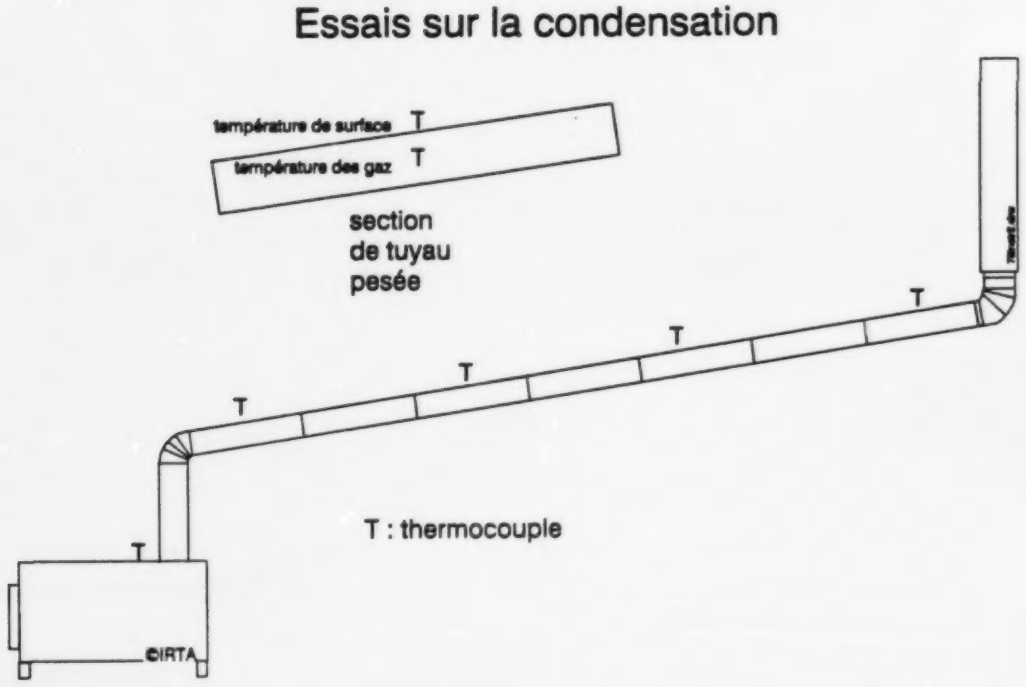


Condensation des produits de combustion

Un transfert calorifique démesuré est de nature à favoriser la condensation des produits de combustion, limitant ainsi la quantité de chaleur atteignant la cheminée. Les résultats des travaux en laboratoire démontrent que la condensation de la créosote se produit le plus rapidement lorsque les températures des gaz de combustion varient entre 60° et 90° Celsius. À des températures de beaucoup inférieures à 60°, des dépôts se formeraient probablement à l'intérieur de l'appareil. Si, par contre, les températures des gaz répartis dans tout le conduit pouvaient toujours se situer au-dessus de 100°C, la formation de dépôts de créosote serait minimisée.

Des mesures comparatives de la perte calorifique de tuyaux de raccordement à simple paroi et à double paroi ventilé révèlent qu'à des températures inférieures à 350°C, le tuyau à double paroi ventilé assure un transfert calorifique supérieur et refroidit les gaz plus rapidement qu'un tuyau à simple paroi. Les essais permettent de conclure que l'emploi, soit d'un tuyau à simple paroi, soit, de préférence, d'un tuyau à double paroi scellé s'avère tout indiqué pour les systèmes se caractérisant par de basses températures des gaz de combustion.

Figure 3
Appareillage d'essai déterminant la formation de condensation



Forme et dimensions de la porte de chargement de l'appareil

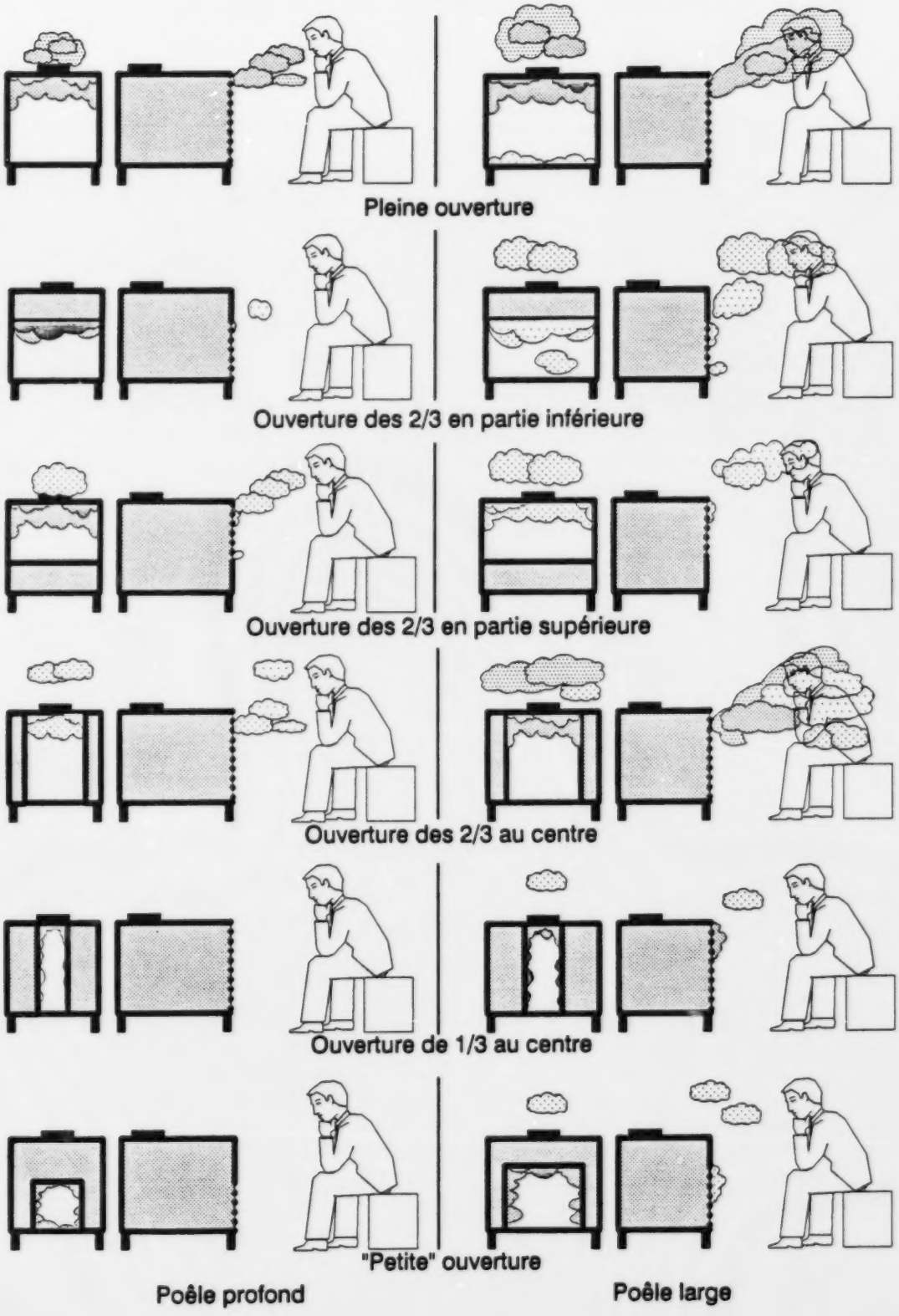
Objectifs des essais

Les résultats obtenus des vérifications et des enquêtes effectées sur les lieux corroborent le fait que le refoulement des gaz risque de se produire même dans des conditions d'évacuation jugées acceptables. Pour mieux saisir le phénomène d'émanations la porte ouverte, nous avons simulé des cas d'émanations lors de l'allumage «d'appareils» en contreplaqué de diverses configurations.

L'objectif était d'observer les émanations en provenance de deux poêles de base : un poêle «large» et un poêle «profond», sans déflecteurs internes. Les appareils affichaient des points de similitude, les deux comportant une chambre de combustion de 0,07 m^3 (2.5 pi^3) et une buse de 150 mm (6 po). L'essai de fumée consistait à faire brûler pendant 30 secondes une chandelle fumigène au centre de l'âtre des deux appareils, alors que le conduit d'évacuation était soumis à une dépressurisation de 2 Pa.

L'enregistrement sur bande vidéo des motifs de fumée a permis de relever les refoulements et d'effectuer une analyse après coup. Les motifs d'émanations 20 secondes après l'allumage sont reproduits à la figure 5. Les émanations observées sont qualifiées de nulles, légères, moyennes, ou fortes. Les deux types de poêles sont reproduits côte à côte pour faciliter la comparaison des émanations.

Fig 4
Simulation des émanations de fumée



Résultats d'essais

1. Émanations nulles lorsque la porte était ouverte de moins de 450 cm² (ratio ouverture-tuyau de 2,5 pour 1).

2. Légères émanations lorsque la porte était ouverte de 570 à 720 cm² (ratio ouverture-tuyau variant entre 3,1:1 et 3,9:1).

3. La porte ouverte de 835 cm², le poêle profond dégageait plus d'émanations, l'ouverture placée en partie supérieure plutôt qu'au bas. (Ratio ouverture-tuyau de 4,6:1).

4. La porte ouverte de plus de 1 000 cm², les deux appareils dégageaient de fortes émanations. (Ratio ouverture-tuyau supérieur à 5,5:1).

Observations

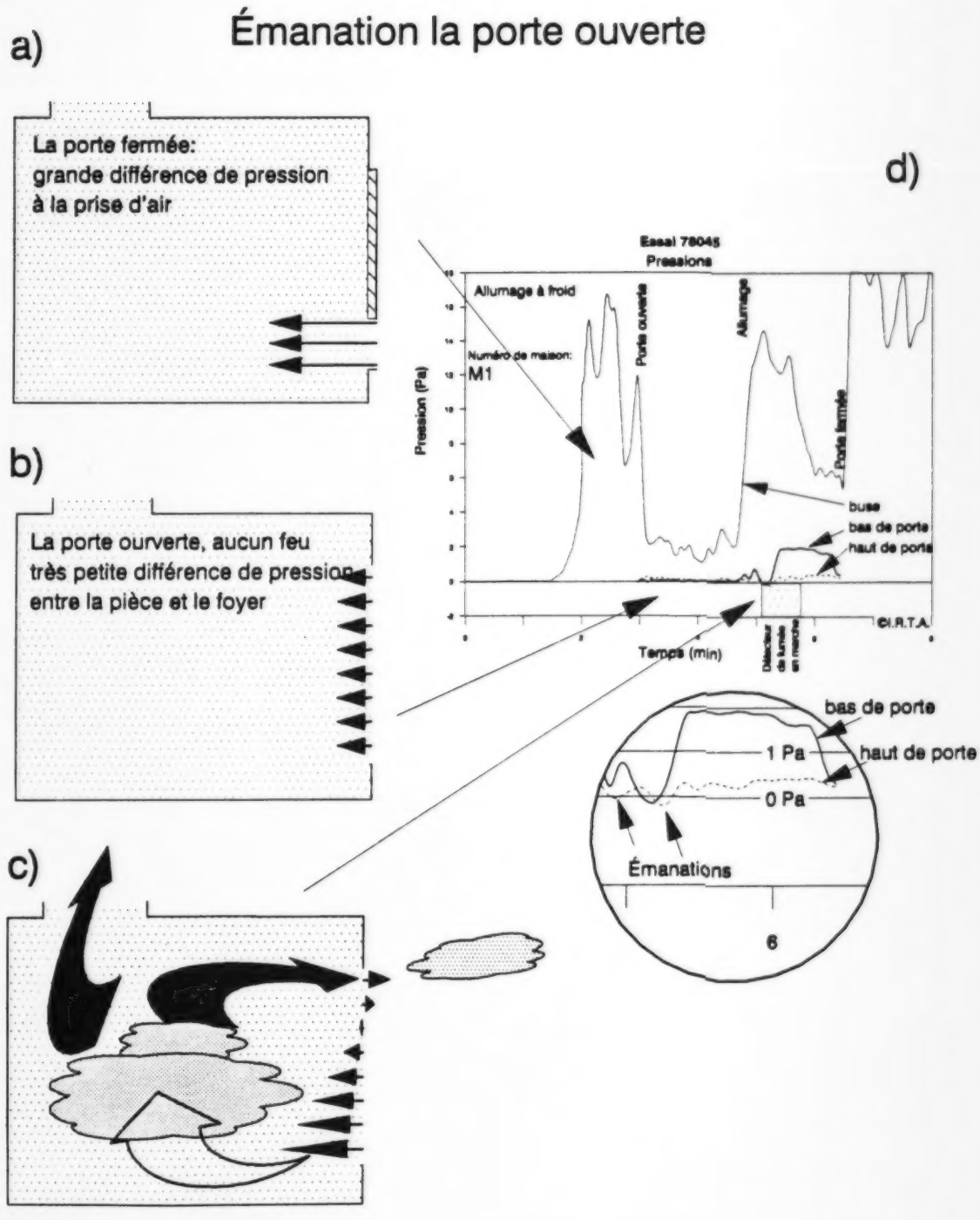
Les résultats des essais de fumée simulés, ajoutés à d'autres informations tirées de l'étude et de connaissances acquises en matière d'évacuation des gaz, nous permettent de formuler les observations suivantes.

1. Les émanations la porte ouverte sont directement fonction de la surface de la porte de chargement de l'appareil. Une porte petite augmente le gradient de pression à travers l'ouverture.

2. Pour la même configuration de porte de chargement, le poêle «large», équipé d'une porte de dimensions supérieures, dégage plus d'émanations que le poêle «profond».

3. Pour une ouverture de porte donnée, il se dégagera moins d'émanations si la porte se trouve au bas plutôt qu'en partie supérieure de l'appareil. Ce phénomène s'explique probablement par l'effet de pression dynamique de l'ascension des gaz chauds. Dans le cas du poêle avec la porte en partie supérieure, les gaz sont poussés en avant par convection en partie supérieure de la chambre de combustion. En atteignant la porte, les gaz continuent leur poussée, vu qu'ils se déplacent plus rapidement que l'air admis. Dans le cas du poêle avec la porte au bas, les courants de convection poussent les gaz vers le bas avant qu'ils n'aient eu le temps d'atteindre la porte. Malgré le très faible gradient de pression, les gaz poursuivent leur descente jusque dans la chambre à combustion, avec l'air qui entre lentement, plutôt que de sortir par la porte. (voir figure 5).

Figure 5


Émanation la porte ouverte
a)
La porte fermée:
grande différence de pression
à la prise d'air
b)
La porte ourverte, aucun feu
très petite différence de pression
entre la pièce et le foyer
c)
d)
Essai 78045
Pressions
Allumage à froid
Numéro de maison:
M1
Porte ouverte
Allumage
Porte fermée
Pression (Pa)
buse
bas de porte
haut de porte
CI.R.T.A.
Temps (min)
Détecteur de fumée en marche
bas de porte
1 Pa
haut de porte
0 Pa
Émanations
6

Autres incidences des éléments constituants des appareils

Le taux de combustion critique

Il y a plusieurs années, le Laboratoire de recherche sur la combustion (LRCC) d'Énergie, Mines et Ressources Canada a mis au point une description du comportement de feux de poêles à bois à faible puissance. Le LRCC a observé qu'en s'atténuant le taux de combustion atteint un point où la chaleur et la turbulence ne suffisent plus à soutenir la combustion enflammée des gaz volatils s'élevant du lit de combustible. Ils nommèrent ce point le taux de combustion critique[6].

Lorsque le taux de combustion tombe sous le point critique, certains phénomènes reliés se manifestent. La production de chaleur du feu chute brusquement à mesure que les flammes des gaz s'éteignent et les gaz combustibles imbrûlés traversent les conduits de fumée. La baisse des températures amènent également une diminution du tirage de la cheminée, réduisant davantage le taux de combustion. Cette séquence d'événements met fin à une combustion efficace jusqu'à ce que les braises brillent et que le reste du combustible se consume lentement.

Le LRCC a certes décrit la notion de taux de combustion critique dans le but de réduire les émissions grâce à une meilleure conception des chambres de combustion, mais elle comporte d'importantes conséquences pour la compréhension des circonstances propices au dégagement d'émanations la porte fermée. L'un des profils qui s'est dessiné lors de l'enquête concernait les émanations la porte fermée survenant au cours de la nuit après avoir baissé le feu. La plupart des répondants aux prises avec cette forme de refoulement ont remédié à la situation en ouvrant la clé du tuyau de raccordement et l'entrée d'air de combustion pour raviver le feu. Lors de l'inspection des systèmes défectueux, des dépôts de créosote lustrée sur les parois internes de la chambre à combustion ont été constatés, preuve de taux de combustion extrêmement bas. À la question de savoir quelle était la condition du feu au moment des émanations la porte fermée, plus d'un occupant a répondu qu'il s'agissait d'un feu couvant sous des bûches carbonisées qu'un petit coup de tisonnier réussissait à faire tomber en pièces. C'est encore une fois la preuve de taux de combustion très bas.

Le LRCC faisait ressortir que, dans les appareils de l'époque, le taux de combustion critique correspond au niveau des pertes calorifiques de la majorité des maisons pendant au moins une partie de la saison de chauffage. Voilà ce qui explique pourquoi les utilisateurs règlent souvent l'appareil pour qu'il fonctionne au taux de combustion critique pendant la nuit et, par inadvertance, déclenchent une séquence d'événements amenant l'effondrement d'une combustion efficace, et augmentent les risques de refoulement durant le cycle de chauffage. Cette situation a été constatée par rapport à plusieurs systèmes faisant l'objet de l'enquête et d'autres, cibles de mesures correctives.

---

[6] Emissions from Domestic Wood-Fired Appliances : Problems and Potential Solutions, A.C.S. Hayden & R. Braaten, Energy, Mines and Resources, Canada (CANMET; exposé présenté lors de la conférence annuelle de l'Institut canadien de l'énergie du bois, en juin 1982.

L'élan thermique

Lors de recherches effectuées pour la compte de la SCHL au sujet de l'influence de divers modes d'alimentation en air comburant sur les émanations des foyers, la firme ORTECH énonçait ce qu'elle appelle «l'élan thermique», faisant référence au comportement d'un système de chauffage au bois en plein fonctionnement. L'élan thermique est d'abord créé par la chaleur libérée par un feu vif de petit bois, puis maintenu par l'inertie thermique du système. ORTECH a démontré que les foyers présentant une masse supérieure grâce à leur revêtement intérieur en briques réfractaires maintenaient un élan thermique plus fort que les modèles à chambre à combustion en acier sans revêtement. La notion d'élan thermique, énoncée par ORTECH, peut être amplifiée pour expliquer plus à fond le comportement dynamique du feu proprement dit, ainsi que l'effet interactif que la condition du feu exerce sur le comportement de tout le système.

Sans feu allumé, l'appareil ne subit que l'élan thermique suscité par la différence de température des composants à l'intérieur du bâtiment et la température extérieure. Cette différence assure normalement un tirage suffisant pour imprimer un faible mouvement à l'air ambiant chaud de la pièce et l'extraire jusqu'à l'extérieur par les conduits de fumée.

Lors de l'allumage dans un appareil à la température ambiante (sans qu'il y ait refoulement), les gaz chauds en résultant commencent à monter dans les canalisations d'évacuation. Une partie de la chaleur produite par le combustible est absorbée par le bois imbrûlé, une partie par la masse de l'appareil, une autre par les composants des conduits de fumée, et enfin le reste est libéré à l'extérieur au sommet de la cheminée. Une partie de l'énergie libérée se transmet aux environs de l'appareil; une autre est expulsée dans les gaz évacués au sommet de la cheminée; le reste contribue à élever les températures du système. C'est précisément cet apport d'énergie calorifique au système lui-même qui y crée l'élan thermique.

Toujours selon le même exemple, si l'appareil est maintenant chargé de grosses bûches, la majeure partie de la chaleur libérée par le bois d'allumage est absorbée par les bûches froides qui viennent d'être ajoutés. La chaleur dégagée par le bois d'allumage et emmagasinée dans le système suscite l'élan thermique qui maintient le tirage pendant que le bois frais commence à chauffer. Lorsque la chaleur emise par la combustion du nouveau chargement dépasse la quantité qu'il absorbe du bois embrasé pour assurer la combustion, l'élan thermique augmente à mesure que les composants absorbent de la chaleur. À chaque nouveau chargement de bois, l'élan thermique chute, alors que la chaleur emmagasinée dans les composants se restitue aux gaz de combustion, assurant ainsi le tirage nécessaire pour raviver le feu. L'élan thermique commence à s'élever dès l'instant où le nouveau bois réussit à s'enflammer.

Les caractéristiques de chacune des parties du système, y compris la position du régulateur et le bois employé, influent sur l'intensité de l'élan thermique produit, son taux de dégagement et son taux de récupération. Certains cas d'émanations signalés lors de l'enquête, et également observés

au cours des vérifications sur les lieux, peuvent se rattacher à la notion d'élan thermique. Par exemple, de nombreux utilisateurs rapportaient des émanations la porte ouverte lors de faibles taux de combustion ou de feux couvants. Dans de telles circonstances, l'élan thermique est faible puisque le feu n'a pas produit suffisamment de chaleur pour en emmagasiner dans les composants et tout élan suscité au départ s'est dissipé. Des cas fréquents d'émanations ont été signalés à l'allumage du feu, avant d'atteindre un élan thermique appréciable.

Conception du système de combustion

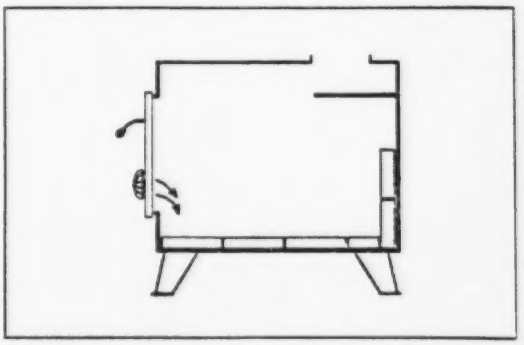
Parmi les appareils de chauffage au bois en usage actuellement, la conception du système de combustion varie largement. Les concepteurs d'appareils soucieux de l'efficacité de la combustion font appel à une foule d'éléments et de matériaux pour parfaire la combustion. Il s'agit des revêtements intérieurs en réfractaire ou en fonte, de déflecteurs et de prises d'air comburant préchauffé. La conception de la chambre de combustion a certes toujours varié, mais les préoccupations au sujet de l'influence du chauffage au bois sur la qualité de l'air et les règles d'émission consécutives ont radicalement modifié les caractéristiques internes des appareils au bois. En effet, ces caractéristiques exercent un effet tellement spectaculaire sur la performance des appareils qu'il est devenu nécessaire de subdiviser davantage les types d'appareils selon qu'ils satisfont aux exigences d'émission de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) ou non.

Les quatre catégories générales de chambre de combustion qui sont apparues au cours des années 1970 et au début des années 1980 existent toujours en version certifiée par l'EPA : ce sont les modèles à tirage par le haut, à tirage latéral, à tirage par le bas et à combustion catalytique. Les appareils à tirage par le haut et à combustion catalytique sont de loin les plus répandus. Les croquis suivants illustrent certaines différences essentielles.

Figure 6 Constitution des appareils

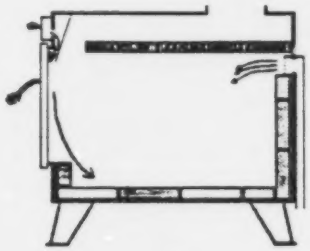
À tirage par le haut, non certifié par l'EPA

Cet appareil est représentatif de bien des poêles fabriqués dans les années 1970 et au début des années 1980. Il se caractérise par la simplicité de son intérieur, peu de déflection ou d'isolation du foyer. Cet appareil oppose peu derésistance au débit, mais les tentatives de réduire le taux de combustion donnent généralement lieu à des feux couvants.



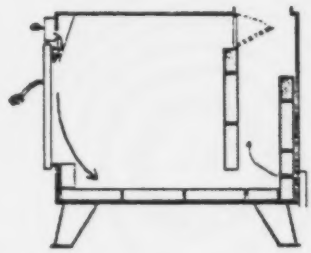
À tirage par le haut, certifié par l'EPA

Le modèle à tirage par le haut, à combustion non catalytique, certifié par l'EPA, est répandu depuis environ 1986. À noter la très faible superficie d'évacuation entre la porte de chargement et le déflecteur. Cette restriction peut amener le dégagement d'émanations la porte ouverte. Un tel modèle donne lieu en général à des gaz de combustion de températures assez élevées, réduisant les risques d'émanations la porte fermée.



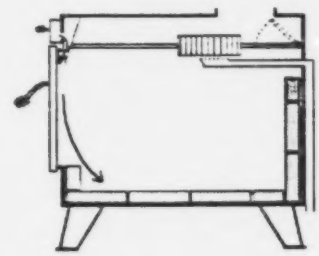
À tirage latéral, certifié ou non par l'EPA

Il s'agit d'un modèle peu courant, existant en version certifiée et non certifiée par l'EPA. Ce modèle dégage rarement des émanations la porte ouverte, tant que le registre de dérivation reste ouvert. La version non certifiée par l'EPA est sensible aux émanations la porte fermée en raison de la combustion lente jumelée à l'emplacement bas de l'orifice d'évacuation.



À combustion catalytique, certifié par l'EPA

Les poêles à combustion catalytique certifiés par l'EPA peuvent être réglés à de très faibles taux de combustion et toujours évacuer des fumées propres. Cette particularité risque d'entraîner des émanations la porte fermée, en raison de la faible température des gaz de combustion. Il se dégagera toujours des émanations en ouvrant la porte de chargement quand on oublie le registre de dérivation en position fermée.



Les appareils certifiés par l'EPA, spécialement ceux sans combustion catalytique, produisent des gaz d'une température moyenne supérieure à ceux des appareils classiques. Il y a deux explications à cela : d'abord, pour que leurs appareils réussissent les tests d'émission, les fabricants doivent concevoir un ajustement d'air comburant minimal de façon à prévenir la perte de flamme; puis, l'isolation du foyer, caractéristique répandue parmi les appareils non catalytiques, réduit les pertes calorifiques du foyer, élévant ainsi la température des gaz de combustion. Ces gaz de combustion de température élevée créent un élan thermique considérable à l'intérieur du système et minimisent par conséquent les probabilités d'émanations la porte fermée. Par contre, le dégagement d'émanations la porte ouverte peut poser un problème chez les appareils non catalytiques, la plupart comportant d'importants déflecteurs, mais aucun registre de dérivation.

Les appareils catalytiques certifiés par l'EPA sont généralement capables de fonctionner à des taux de combustion plus faibles que les appareils non catalytiques. Les faibles taux de combustion et, donc, la basse température des gaz de combustion, peuvent amoindrir le tirage et occasionner la formation de condensation dans les cheminées extérieures non isolées. Par contre, certaines caractéristiques des nouveaux appareils empêchent leur opération à de basses températures (voir exposé concernant la circulation d'air ci-après).

Tous les appareils certifiés par l'EPA ont une chambre de combustion assurant un taux de combustion critique bien en-decà de celui des appareils classiques. Leurs utilisateurs seront moins enclins à régler les appareils certifiés par l'EPA en deçà du taux critique, puisqu'il se révèle généralement inférieur à la perte de chaleur d'une maison moyenne.

Portes vitrées et balayage d'air

Les portes vitrées commencèrent à agrémenter les poêles à bois au début des années 1980, dès l'avènement du verre céramique résistant à la chaleur. Les premières ne disposaient cependant d'aucun moyen d'empêcher les produits de combustion de se condenser sur le verre et de le voiler après quelques heures de fonctionnement. Vers 1984, le premier système intégrant portes de verre et balayage d'air était lancé sur le marché. Ce système alimente le feu en air par une bande étroite située au-dessus de la porte vitrée. L'air descend le long de la paroi interne du verre et bloque le passage aux gaz de combustion. L'efficacité du balayage d'air varie d'un modèle à l'autre, mais le meilleur système conservera le verre parfaitement clair sauf parfois au plus bas régime.

La combinaison portes vitrées et balayage d'air constitue certainement l'une des réussites les plus marquantes du chauffage au bois depuis son retour en force au début des années 1970. La raison en est fort simple : les gens peuvent voir le feu et ceci les incite à maintenir une combustion suffisamment vive pour que le verre ne se voile pas.

Les appareils ainsi conçus simplifient l'apprentissage de bonnes techniques de combustion. Plutôt que d'expliquer dans le détail à l'utilisateur la façon d'assurer une combustion propre, donc des feux vifs, les détaillants d'appareils de chauffage au bois peuvent lui donner de simples instructions en matière de combustion et lui indiquer de s'attendre à du verre clair. Dès que les utilisateurs s'y attendent, ils apprendront comment y parvenir ou chercheront, s'il y a lieu, à savoir ce qui cloche.

Les systèmes à balayage d'air ont pour effet global de conserver une température moyenne élevée dans tout l'appareil et les conduits d'évacuation, d'intensifier l'élan thermique et d'atténuer les risques d'émanations la porte fermée.

Exposé sur les prises d'air extérieur

Des technologues du bâtiment, techniciens du chauffage au bois et autorités des codes croient qu'il suffit de raccorder l'appareil à une prise

d'air extérieur pour réduire, voire éliminer le refoulement des gaz. L'air en provenance de l'extérieur est habituellement acheminé directement vers la chambre à combustion ou indirectement par un conduit d'air de compensation relié à l'appareil ou situé tout près. Les recherches sur la sensibilité au refoulement des foyers préfabriqués soumis à une gamme de régimes de pressions intérieures et extérieures, auxquelles ORTECH s'est livrée pour le compte de la SCHL, indiquent que l'alimentation en air extérieur ne constitue pas un remède simple ou efficace aux émanations et peut même, dans certaines circonstances, poser un risque d'incendie.

Les recherches montrent qu'une prise indirecte d'air de compensation raccordée à une chambre de circulation autour du foyer de l'appareil n'assure l'approvisionnement en air que lorsque la pression de la pièce est inférieure à la pression extérieure vis-à-vis de la prise d'air. À une pression ambiante de -5 Pa, taux de dépressurisation maximal recommandé par la norme CSA F326[7], l'entrée d'air extérieur ne correspondait qu'à la moitié du besoin de l'appareil en combustion lente, et qu'au tiers en cas de combustion vive. L'alimentation en air extérieur peut certes contribuer à modifier les effets de puissants ventilateurs d'extraction sur la dépressurisation de la pièce, mais la surface de fuite équivalente de la prise d'air exterieur ne représente qu'entre 15 et 25 p. 100 de la surface de fuite d'une maison étanche. Aux pressions normales des maisons, cet apport d'air ne suffit pas à répondre aux besoins d'air de nombreux appareils de chauffage au bois.

Les travaux d'ORTECH ont démontré également qu'une prise d'air extérieur raccordée directement à la chambre de combustion de l'appareil assurait la quantité d'air requise une fois la température de fonctionnement atteinte, à condition que la chambre de combustion soit parfaitement étanche à l'air de la pièce. Par contre, à l'allumage, il fallait laisser la porte de chargement entrouverte pour permettre au bois de s'embraser. Deux principales conclusions tirées des recherches semblent tenir lieu de mises en garde contre l'usage répandu de prises directes d'air comburant. Premièrement, une prise d'air directe peut subir une inversion de tirage lorsque le capuchon est soumis à une pression négative supérieure au tirage de la cheminée. En laboratoire, l'inversion de tirage des prises d'air s'est produite à une dépressurisation extérieure de 15 à 20 Pa. La dépressurisation peut même y être supérieure si le vent crée autour du bâtiment des zones de basse pression. En réalité, des pressions bien des fois supérieures à 20 Pa ont été enregistrées du côté exposé à un grand vent. L'inversion du débit achemine les gaz de combustion vers la prise d'air risquant de faire surchauffer les matériaux combustibles à proximité. Deuxièmement, les recherches ont attesté qu'il pouvait s'échapper de la fumée, même lorsque l'appareil était pourvu de portes hermétiques, si la pièce venait à être soumise à une dépressuration démesurée. Il est même arrivé, à une occasion, que de la fumée se soit échappée par les joints d'une cheminée préfabriquée.

---

[7] Association canadienne de normalisation, CAN-f326-1991, «Residential Mechanical Ventilation Systems».

Le présent rapport ne recommande pas une prise d'air extérieur, à titre de mesure corrective pour régler le problème des émanations des systèmes de chauffage au bois, que cette prise soit directement reliée à la chambre de combustion ou qu'elle le soit indirectement en alimentant l'espace habitable. Il est reconnu qu'une conception rationnelle, le choix des composants et le fonctionnement judicieux s'avèrent des moyens fiables de contrer les émanations. Les maisons soumises à des périodes intermittentes de forte dépressurisation sous l'effet de ventilateurs d'extraction doivent être équipées d'un système d'air de compensation pour tout le bâtiment.

Observations

Les catégories d'émanations

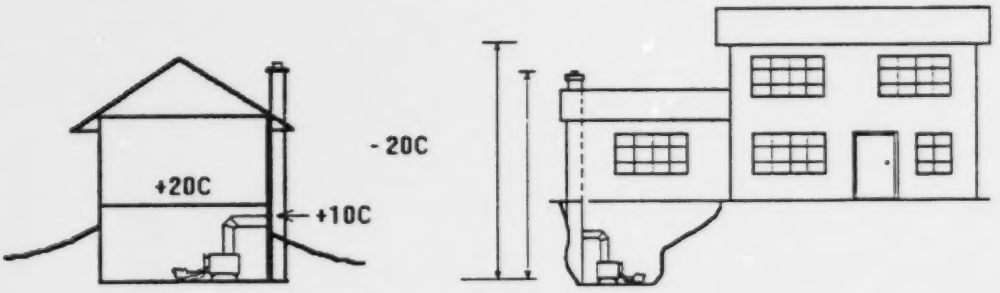
Le rassemblement des données de l'enquête aléatoire et des essais en laboratoire permet de synthétiser l'énonciation des catégories d'émanations, de leurs causes et de leurs effets comme suit :

Refoulement à froid

Cause n° 1 : L'effet de tirage de la maison l'emporte sur celui de la cheminée

Le refoulement à froid survient lorsque la pression négative suscitée par l'effet de tirage de la maison l'emporte sur celui de la cheminée alors qu'aucun feu n'est allumé dans l'appareil. Une telle situation se présente souvent lorsque l'appareil situé au sous-sol, donc sous le plan de pression neutre de la maison, est raccordé à une cheminée non isolée longeant l'extérieur de la maison. La même situation peut se présenter, dans le cas d'une cheminée intérieure, lorsque la hauteur de tirage proprement dite de la maison dépasse celle de la cheminée.

Figure 7 Explications du refoulement à froid



À gauche : les gaz de combustion se refroidissent trop dans la cheminée extérieure, non isolée
À droite : la hauteur de tirage de la cheminée est inférieure à celle de la maison

Cause n°2 : Pression

Le refoulement à froid peut être attribuable au vent lorsque la hauteur de la cheminée, l'emplacement et le milieu environnant ont pour effet combiné de soumettre le sommet de la cheminée à une pression positive. L'inversion du tirage aboutissant à un refoulement à froid peut également être déclenché par la dépressurisation de la maison, en raison du fonctionnement d'un puissant ventilateur d'extraction. Une fois amorcé, le refoulement à froid sera maintenu si l'appareil est situé sous le plan neutre de la maison.

Effet n° 1 : En l'absence de feu dans l'appareil, le refoulement à froid remplit la pièce d'une odeur désagréable de créosote.

Effet n° 2 : L'allumage d'un feu durant un refoulement à froid provoquera le dégagement de tous les produits de combustion dans la pièce.

Émanations la porte ouverte

Cause n° 1 : Restrictions

Un système de combustion restrictif (faible SDÉ) ou la fermeture du registre de dérivation peut causer le dégagement d'émanations la porte ouverte.

Cause n° 2 : Rapport entre la surface de la porte de chargement et la buse

L'appareil présentant une porte de chargement de grande surface par rapport à la section de la buse ou à la SDÉ interne favorisera les émanations la porte ouverte. L'emplacement de la buse peut également exercer une influence; ainsi la buse située au même niveau ou plus bas que la porte de chargement peut favoriser les émanations dégagées la porte ouverte.

Cause n° 3 : Restriction dans les conduits de fumée

Un tuyau de raccordement démesurément long ou comportant plusieurs coudes favorise les émanations la porte ouverte. La clé du tuyau de raccordement, oubliée en position ouverte lors de l'ouverture de la porte de chargement, provoque des émanations la porte ouverte, tout comme un conduit de fumée complètement ou partiellement obstrué.

Cause n° 4 : Faible température des gaz de combustion

Le faible tirage que suscite le refroidissement trop prononcé des gaz de combustion ou la combustion étouffée contribue largement aux émanations la porte ouverte.

Cause n° 5 : Pressions défavorables

Les pressions défavorables que créent à l'intérieur de la maison les ventilateurs d'extraction antagonistes risquent de s'opposer au tirage de la cheminée et d'entraîner des émanations la porte ouverte. Les vents défavorables donnant lieu à une pression positive au sommet de la cheminée peuvent aussi en causer.

Effet : Émanations d'une partie des produits de combustion

Émanations la porte fermée

Cause n° 1 : Combustion lente

La combustion lente, sans flammes, est souvent pointée comme cause d'émanations la porte fermée. Elle découle habituellement du très faible réglage, par l'utilisateur, de l'admission d'air comburant, ou de l'action d'un régulateur d'air bimétallique.

Cause n° 2 : Restriction de la canalisation d'évacuation

La fermeture ou quasi-fermeture de la clé du tuyau de raccordement se traduit par des émanations la porte fermée. Ainsi, le faible taux de combustion et le peu de tirage se liguent avec les restrictions d'une clé fermée pour produire des émanations. Le tuyau de raccordement ou le conduit de fumée obstrué ou grandement restreint produira le même effet.

Cause n° 3 : Pressions défavorables

De sérieuses pressions défavorables que suscite à l'intérieur de la maison le fonctionnement de ventilateurs d'extraction antagonistes risquent de s'opposer au tirage de la cheminée et de ce fait de répandre des émanations de combustion. Les vents défavorables soumettant le sommet de la cheminée à une pression positive peuvent exercer une influence, quoique leur intervention s'accompagne habituellement d'une combustion lente.

Effet n° 1 : Émanations par les orifices

Le dégagement d'une certaine quantité de gaz de combustion par les orifices de l'appareil et par les joints du tuyau de raccordement constitue une forme d'émanations la porte fermée associée à une combinaison des causes énoncées. Il survient lorsque les conduits d'évacuation ne réussissent pas à extraire complètement les produits de combustion.

Effet n° 2 : Oscillations de la combustion (bouffées)

Les bouffées de fumée se dégageant par les ouvertures se distinguent des émanations partielles des gaz de combustion (effet n° 1). En effet, elles se manifestent d'habitude une heure ou deux après le chargement de l'appareil, lorsqu'il se produit un fort volume de gaz combustibles et que l'alimentation en air comburant grandement restreinte, généralement par le régulateur d'air bimétallique, amène une combustion lente. Il peut s'agir d'une mini-explosion dans la chambre de combustion ou, plus souvent, d'une suite de bouffées occasionnées par l'oscillation des vagues de pression à l'intérieur de l'appareil et les canalisations d'évacuation. Les bouffées proviennent de l'inflammation brusque et de la dilatation consécutive des gaz combustibles.

Refoulement à chaud

Le refoulement à chaud s'entend du dégagement intégral des gaz de combustion après l'amorce d'une évacuation appropriée. Aucune trace de refoulement à chaud n'a été décelée au cours des recherches, quoique le phénomène existe en principe. Le refoulement à chaud serait fort probablement provoqué par la mise en marche d'un très puissant ventilation d'extraction antagoniste et par la combustion lente.

4. L'élément humain

Profil des répondants

La majorité des 100 ménages ayant consenti à soumettre leur poêle à bois à une évaluation dans le cadre de l'enquête habitaient hors des villes et se considéraient comme de sérieux adeptes du chauffage au bois. Lorsqu'on leur demanda si le bois constituait leur principale énergie de chauffage ou une source d'énergie d'appoint, 66 p. 100 répondirent qu'il s'agissait de leur principale ressource énergétique, 81 p. 100 déclarèrent qu'ils se servaient de leur appareil au moins 50 p. 100 du temps pendant l'hiver, 54 p. 100 affirmaient l'utiliser sans relâche, et 68 p. 100 des personnes interrogées consommaient plus de six cordes de bois (dimensions nominales de 4 pi x 8 pi x 16 po) par saison de chauffage. Dix répondants utilisaient leur poêle pour faire la cuisson et cinq pour le chauffage de l'eau, en plus du chauffage de l'habitation. Parmi les répondants, 90 ont fait ramoner leur cheminée au moins une fois l'an dernier, et la moitié de ce nombre l'ont fait ramoner deux fois ou davantage.

Lors de l'entrevue, la première question posée au sujet des émanations s'énonçait comme suit : Avez-vous déjà remarqué, lorsque fonctionnait votre appareil, l'une ou l'autre des odeurs suivantes : une légère odeur de bois, une forte odeur de fumée de bois, l'odeur d'acier brûlé ou l'odeur de créosote? Seulement 19 personnes ont indiqué n'avoir senti aucune odeur quelconque, mais de ce nombre, 15 ont font état d'une sorte d'émanations lorsqu'on leur posa des questions plus détaillées. Cette courbe de réponses vaut la peine d'être notée puisqu'elle reflète ce que la plupart des détaillants d'appareils de chauffage au bois et des ramoneurs connaissent : les gens tirent une certaine fierté de pouvoir chauffer efficacement au bois et ils sont aussi enclins à manifester leur satisfaction à l'égard de leur appareil de chauffage au bois, même si un observateur peut découvrir plusieurs aspects à améliorer. Les réponses peuvent également exprimer leur tolérance à la fumée de bois dans la maison. La majorité des gens ayant convenu de problèmes d'émanations jugent normal et acceptable le refoulement d'une certaine quantité de fumées. Seulement quelques participants se sont montrés vraiment préoccupés par le rejet de fumées dans certaines conditions.

Au nombre des répondants ayant signalé des problèmes d'émanations, la grande majorité semblaient avoir le sentiment de comprendre quelque peu les causes ou les conditions du dégagement d'émanations; très peu n'avaient aucune idée de la raison pour laquelle leur appareil dégageait des émanations. Les feux de combustion lente par temps doux constituaient de loin la cause la plus répandue d'augmentation des émanations lors de l'ouverture de la porte de chargement. Ainsi, 18 reliaient les feux couvants ou la combustion lente aux émanations; 12 attribuaient la cause au temps doux, humide, nuageux ou couvert (plusieurs participants l'imputant à «l'air lourd»); et 10 pointaient la combustion lente et le temps doux. Huit répondants ont admis avoir constaté des émanations après avoir oublié d'ouvrir la clé du tuyau de raccordement ou le registre de dérivation de l'appareil avant d'ouvrir la porte, et sept prêtaient au vent un rôle important dans le dégagement d'émanations la porte ouverte. Les autres participants y trouvaient une foule d'explications, dont la saleté du tuyau de raccordement et de la cheminée, et le fait de placer le chargement

de bois trop à l'avant du foyer de combustion. Au total, 85 des répondants avaient été témoins d'émanations la porte ouverte.

Des cas d'émanations la porte fermée ont été signalés par 31 p. 100 des participants. De ce pourcentage, 7 associaient les émanations à la combustion lente, un au temps doux et 5 à la combustion et au temps doux. Cinq les imputaient au temps venteux, trois faisaient valoir que le dégagement d'émanations indiquait que le moment était venu de faire ramoner la cheminée. Deux propriétaires expliquaient la présence d'émanations par le fonctionnement de ventilateurs d'extraction créant une pression négative dans la maison : à une occasion, il s'agissait de la hotte d'extraction de la cuisinière et à une autre, du fonctionnement d'un autre poêle à bois. Un système ciblé pour vérification et application des mesures correctives était affecté par le système de ventilation de la maison, qui soumettait la chaufferie à une pression négative.

Réactions des répondants face aux émanations

Les 31 répondants ayant signalé des émanations la porte fermée se sont vu demander ce qu'ils ont tenté de faire pour stopper les émanations de fumées. Ils ont, le plus souvent, activé la combustion et chauffé la cheminée par d'autres moyens. Huit répondants ont ouvert le registre d'air et 5 ont fait brûler du papier journal. Ces réponses semblent établir que les utilisateurs savent qu'un feu couvant ou que la combustion lente rend un système sensible au refoulement des fumées. Quatre participants indiquent avoir accru le débit en ouvrant la clé du tuyau de raccordement ou le registre de dérivation de l'appareil. Encore une fois, de telles réponses témoignent d'une compréhension des causes des émanations. Quatre ont décidé de faire ramoner la cheminée et le tuyau de raccordement, trois ont fermé le registre d'air, un a ouvert la porte de chargement, un a soufflé dans l'ouverture de la chambre de combustion, un a ouvert une fenêtre et un a arrêté le ventilateur d'extraction. Ne sachant trop quoi faire, trois répondants n'ont rien tenté.

L'appareil de chauffage au bois qui commence à dégager des émanations alors que sa porte de chargement se trouve fermée donne lieu à une situation inquiétante, voire effrayante, et pourtant plus de la moitié des répondants comprenaient les facteurs en cause et connaissaient des moyens d'y mettre un terme. Dans l'ensemble, la majorité des participants interrogés se montraient confiants de pouvoir y mettre fin, le cas échéant. Malgré le degré de compréhension de la relation de cause à effet, la vérification sur les lieux effectuée dans le cadre des recherches révèle que les utilisateurs en savent généralement peu sur les caractéristiques des éléments constituants rendant tout d'abord leur appareil sensible aux émanations. Étant donné le nombre et la complexité des facteurs en cause, il n'est pas surprenant que les ménages n'arrivent pas à déceler les erreurs de constitution de leur système de chauffage au bois. Cet énoncé supporte l'argument selon lequel l'intervention de spécialistes tels les installateurs, les détaillants et les ramoneurs de cheminée est de rigueur pour pouvoir diagnostiquer les causes des émanations de gaz de combustion et proposer des mesures correctives.

5. Mise à l'essai des mesures correctives

Objectifs des essais

Des systèmes ont été, d'une part, ciblés à des fins de vérification sur les lieux et, d'autre part, destinés à la mise à l'essai des mesures correctives proposées. Une fois les ménages caractérisés et recrutés, les systèmes ont été inspectés et les ménages interrogés à l'aide des documents d'enquête. Divers instruments de précision ont été mis en place, puis s'est déroulée la vérification des systèmes tels quels. Après environ une semaine d'essais, on a mis en oeuvre les mesures correctives, puis répété les vérifications.

Les vérifications visaient à compléter l'enquête sur place par le contrôle du comportement des systèmes de chauffage reconnus pour dégager des émanations. L'efficacité des correctifs a ensuite été éprouvée.

Résultats de la mise à l'essai des mesures correctives

Au total, 34 systèmes ont fait l'objet de vérifications de degrés d'approfondissement divers, allant de l'instrumentation aux entrevues et aux instructions. Les sommaires suivants des diagnostics, des mesures correctives et des résultats obtenus de certains systèmes ne visent qu'un faible échantillon, tout de même représentatif du type de problèmes rencontrés, des mesures adoptées et des résultats obtenus.

Rapports de quatre systèmes représentatifs

Système n° 12 : Résistance au débit et technique d'allumage

Système : Fournaise, tuyau de raccordement de 2,6 m (8.5 pi) avec deux coudes de 90°, deux de 45° et d'un té de base de cheminée, et cheminée intérieure métalique de 5,2 m (17 pi).

Problème : Sérieuses émanations la porte ouverte; 18 fois en 10 jours.

Diagnostic : Restriction du tuyau de raccordement, réglages de la fournaise technique d'allumage.

Mesures correctives : Remplacement du tuyau de raccordement par un autre ne comportant que deux coudes de 45°; ajustement du régulateur de tirage atmosphérique à une pression maximale de 15 Pa (0.06 po d'eau); conseils à l'utilisateur quant à la technique d'allumage tout indiquée, c'est-à-dire en faisant bonne provision de papier journal et de petit bois pour allumer le feu, faire de petits feux par temps doux, retirer les cendres plus souvent, vérifier que les briques réfractaires soient toujours de ton jaune-brun et l'acier de couleur brun clair à brun foncé, mais jamais noire et brillante.

Résultats : Aucunes émanations pendant les 6 jours de contrôle. Le problème est presque entièrement réglé, de l'aveu du propriétaire. Il peut facilement les éviter.

Système P7 : Fuites dans la cheminée, refoulement à froid et émanations la porte ouverte

Système : Poêle à bois installé au sous-sol, tuyau de raccordement de 1,5 m (5 pi) avec un coude de 90°; cheminée extérieure, en blocs de béton, de 5,2 m (17 pi), avec boisseaux d'argile de 8" x 8" nominal.

Problème : Sérieux refoulement à froid (senteurs de créosote dans la maison); sérieuses émanations la porte ouverte.

Diagnostic : Grandes fissures verticales dans les parois en blocs de la cheminée; l'installation de l'appareil au sous-sol et son raccordement à une cheminée extérieure expliqueraient, du moins le soupçonne-t-on, le refoulement à froid; les fuites ont tout simplement empiré la situation.

Mesures correctives : Remplacement de la cheminée endommagée par une cheminée métallique intérieure de 650°C.

Résultats : Des émanations ont été enregistrées à une occasion lors des 5 jours d'essais (elles sembleraient causées par une erreur de l'utilisateur); le propriétaire ne rapporte aucun incident de refoulement à froid, aucunes émanations la porte ouverte.

Système n° 13 : Sérieux refoulement à froid

Système : Poêle à bois installé au sous-sol, tuyau de raccordement de 1,5 m (5 pi) avec un coude de 90°; cheminée extérieure en maçonnerie de 6,2 m (20 pi) avec boisseaux d'argile de 8" x 12" nominal.

Problème : Sérieux cas chronique de refoulement à froid rendant très difficile l'allumage d'un feu.

Diagnostic : Refroidissement de la cheminée extérieure surdimensionnée, pression négative au sous-sol occasionnant le refoulement à froid; la cheminée ne respectait pas la hauteur de sortie requise par le Code et était dominée par le toit voisin; influence possible de ventilateurs d'extraction (ventilateur d'extraction des trois salles de bains et de la cuisine).

Mesures correctives : Surélévation de la cheminée de 1,2 m (4 pi), regarnissage de la cheminée existante d'un chemisage inoxydable de 150 mm (6 po) et isolation du pourtour du chemisage.

Résultats : Le propriétaire signale un refoulement à froid beaucoup moins prononcé et facile à contrer au moyen d'un séchoir à cheveux, mais le système subit toujours une inversion de tirage en l'absence de feu dans le poêle. Le sommet de la cheminée plus bas que la hauteur de tirage de la maison explique vraisemblablement la persistance du refoulement à froid. La cause est exposée et illustrée à la section 3, Les causes des problèmes d'évacuation, Observations.

Système P6 : Technique d'allumage

Système : Poêle à tirage latéral équipé d'un registre de dérivation, installé au rez-de-chaussée, tuyau de raccordement à simple paroi de 2,2 m (7 pi) raccordé en ligne droite à une cheminée préfabriquée de 2,8 m (9 pi) traversant le plafond cathédrale.

À noter que le système aurait été évalué comme «parfait» pour résister aux émanations de combustion.

Problème : Émanations la porte fermée survenues plusieurs fois la nuit. Constatation d'oscillations de la combustion (bouffées de fumée). Le propriétaire craignait de se servir de son poêle, ne pouvant prévoir à quel moment il se produirait des émanations.

Diagnostic : Cas manifeste de combustion extrêmement lente, corroboré par la présence de créosote lustrée dans le foyer, la forme d'une bille carbonisée restée dans le foyer refroidi. L'utilisateur semblait ignorer comment bien allumer un feu et être incapable d'expliquer la cause du problème.

Mesures correctives : Instructions à l'occupant sur la façon de s'y prendre pour allumer un feu et maintenir une combustion vive. Démonstration d'allumage à l'aide de petit bois. Installation d'un thermomètre dans le conduit de fumée et mode d'emploi indiqué à l'occupant.

Résultats : Aucun cas d'émanations survenu depuis que la marche à suivre a été indiquée à l'occupant. Le propriétaire se sent beaucoup plus rassuré quant à l'utilisation de son appareil. De son aveu, le thermomètre lui a été d'une très grande utilité, lui indiquant qu'il peut élever de beaucoup le taux de combustion sans crainte de faire surchauffer quoi que ce soit.

Exposé

Les vérifications sur les lieux des systèmes posant problème confirment bon nombre de conclusions de l'enquête. En effet, de mauvaises techniques d'allumage étaient en cause dans plus de la moitié des appareils testés; l'adoption de mesures relativement peu coûteuses, comme l'utilisation d'un tuyau de raccordement d'allure plutôt droite a contribué à remédier à la situation dans environ 30 p. 100 des cas; à peu près 10 p. 100 des systèmes, sérieusement déficients, nécessitaient des mesures correctives étendues et parfois, des correctifs coûteux. Les conclusions tirées à partir de toutes les vérifications effectuées sur place sont reproduites à la section 6, Conclusions, et à la section 7, Outils de planification et de diagnostic.

6. Conclusions

1. Les émanations ou refoulement de gaz de combustion des appareils de chauffage au bois se produisent couramment; presque tous les systèmes de chauffage au bois répandent des produits de combustion à un certain degré. La fréquence et la durée des émanations variaient grandement parmi les systèmes testés, allant de minces volutes de fumée aux émanations chroniques nocives.

2. Les émanations les plus courantes survenaient lors de l'ouverture de la porte de l'appareil, au moment de l'allumage ou du rechargement. La durée et l'intensité de la plupart des cas d'émanations la porte ouverte pouvaient être régies par l'utilisateur et dépendaient dans une certaine mesure de la tolérance des occupants à la fumée de bois.

3. Les émanations se dégageant lorsque la porte de chargement se trouve fermée sont considérées comme sérieuses; d'ailleurs près du tiers des répondants ont connu cette situation au moins une fois.

4. La fréquence, la durée et l'intensité des émanations sont fonction de la conception de l'appareil, des conduits de fumée, de la façon dont l'appareil est opéré et du régime de pression auquel il est soumis.

5. Cinq caractéristiques de conception des appareils influent sur le dégagement d'émanations :
   - le rapport entre la surface de la porte de chargement et la section de la buse; plus le rapport est faible, moins l'appareil sera sensible au refoulement des fumées;
   - les restrictions internes du débit; moins il y a de restrictions, moins il y a de risques d'émanations;
   - l'emplacement de la buse par rapport à la partie supérieure de la porte; ainsi, plus la buse est élevée par rapport au sommet de la porte de chargement, moins il y a de risques d'émanations;
   - la conception du système de combustion; plus l'appareil est capable de fonctionner à de faibles taux de combustion tout en maintenant une combustion enflammée, moins il sera sensible au refoulement; et
   - la faculté d'admirer le feu qui brûle, grâce à des portes vitrées avec balayage d'air, rend les systèmes moins sensibles aux émanations.

   Le surdimensionnement des appareils par rapport à l'espace à chauffer peut accroître les possibilités d'opération à faible puissance et par conséquent, de feux couvants.

6. La fréquence et la durée des émanations sont fortement subordonnées à la température moyenne à l'intérieur des conduits de fumée; ainsi, plus la température moyenne est élevée, moins le système dégagera des émanations. La conservation de la chaleur des gaz de combustion dans le système d'évacuation se réalise en :
   - disposant la cheminée à l'intérieur de l'enveloppe de la maison;
   - en isolant l'espace entre le conduit et les parois de la cheminée;

- réduisant ou en éliminant les coudes du tuyau de raccordement;
- conservant le tuyau de raccordement court, d'une longueur inférieure à 2 m;
- employant un tuyau de raccordement à double paroi scellé;
- évitant l'utilisation d'une clé dans le conduit de raccordement;
- évitant, autant que possible, d'employer un régulateur de tirage atmosphérique.

7. Par son comportement, l'utilisateur peut grandement accroître ou restreindre les risques d'émanations. Certains systèmes censés résister «parfaitement» aux émanations dégageaient de la fumée à cause de leur mode d'utilisation, et inversement, certains systèmes dont plusieurs caractéristiques les prédestinent aux émanations opéraient sans problème en raison d'un usage soigné et averti.

8. De loin la cause la plus répandue d'émanations s'apparente au chargement de l'appareil et au réglage du registre favorisant les feux couvants. Les utilisateurs y contribuent également en :
   - négligeant d'ouvrir le registre du tuyau de raccordement avant d'ouvrir la porte de chargement;
   - négligeant d'ouvrir le registre de dérivation de l'appareil avant d'ouvrir la porte de chargement;
   - négligeant de nettoyer l'intérieur de l'appareil; et
   - négligeant de ramoner les conduits de fumée.

9. On peut réussir à modifier les habitudes des utilisateurs au point de rendre les systèmes de chauffage au bois moins sensibles au refoulement des fumées en leur expliquant la relation de cause à effet et en leur livrant de simples instructions sur la façon d'allumer un feu.

10. Les utilisateurs ne disposent pas de connaissances suffisantes pour établir les causes d'émanations attribuables à la conception du système ou à la dynamique des pressions. L'intervention de techniciens formés est requise pour aider les utilisateurs à déceler et à corriger les types de problèmes d'émanations.

11. Les pressions défavorables agissant sur les systèmes de chauffage au bois à tirage naturel risquent de se répercuter sur le dégagement d'émanations. Les pressions allant à l'encontre d'une évacuation efficace des gaz de combustion peuvent découler de :
   - l'effet de tirage de la maison s'exerçant sur l'appareil placé sous le plan de pression neutre du bâtiment;
   - le fonctionnement de ventilateurs d'extraction antagonistes créant une dépressurisation de la maison;
   - les effets du vent agissant au sommet de la cheminée.

12. L'effet de tirage de la maison ne constitue généralement pas la principale cause d'émanations, mais peut y contribuer avec le concours d'autres caractéristiques du système comme le raccordement de l'appareil à une cheminée non isolée disposée à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment.

13. La dépressurisation de la maison occasionnée par le fonctionnement de puissants ventilateurs d'extraction risque certes de donner lieu à un refoulement des fumées, mais elle n'a eu d'effet appréciable que dans cinq des 134 systèmes étudiés.

14. Les caractéristiques de constitution des systèmes, le choix des composants et le mode d'utilisation expliquent surtout la majorité des cas d'émanations. Plus de la moitié de tous les cas de refoulement des fumées peuvent se régler en modifiant légèrement le système et/ou en aidant les utilisateurs à bien en faire usage.

15. Les mesures correctives éprouvées lors des travaux ont réussi à rendre les systèmes de chauffage au bois moins sensibles aux émanations dans des conditions normales d'utilisation. Par contre, les ventilateurs d'extraction tels les puissantes hottes de cuisinière et les systèmes centraux de ventilation n'assurant aucune alimentation en air de compensation risquent de dépressuriser la maison au point de compromettre l'évacuation des systèmes les moins susceptibles au refoulement des fumées. Il peut s'avérer nécessaire d'asservir un système mécanique d'admission d'air de compensation à des ventilateurs d'extraction aussi puissants pour éviter de créer une trop forte dépressurisation de la maison.

16. La hauteur minimale de la cheminée que prévoient les codes du bâtiment ne suffit pas toujours à empêcher les pressions défavorables dues au vent, au sommet de la cheminée.

7. Outils de planification et de diagnostic

Évaluation des caractéristiques d'un système

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus lors de l'enquête ou de l'inspection, de la recherche en laboratoire, ainsi que d'essais sur les lieux. La formulation des résultats revêt un aspect plutôt pratique que scientifique.

Tableau 2 Évaluation des caractéristiques d'un système

Appareil	
Favorise les émanations	**Résiste aux émanations**
Trop gros pour le besoin de chauffage	Bien dimensionné en fonction du besoin de chauffage
Chambre à combustion sans revêtement intérieur	Chambre à combustion avec revêtement intérieur ou isolée
Aucun système de combustion	Système de combustion certifié par l'EPA
Grandes portes par rapport à la buse	Portes de taille modérée à petite
Non étanche	Fabrication scellée
Échangeur de chaleur de fortes dimensions	Échangeur de dimensions modérées à petites
Sortie des gaz plus basse que la porte	Sortie des gaz plus élevée que la porte
Portes sans verre	Portes de verre avec système de balayage d'air
Tuyau de raccordement	
Favorise les émanations	**Résiste aux émanations**
De section différant de celle de la buse de l'appareil	Section correspondant à la buse de l'appareil
Comporte des coudes	En ligne droite jusqu'à la cheminée
Plus de 2 mètres de longueur	Moins de 2 mètres de longueur
Avec clé de tuyau	Aucune restriction du débit
Lâche et non hermétique	Raisonnablement bien scellé
Cheminée	
Favorise les émanations	**Résiste aux émanations**
Conduit de fumée non isolé	Conduit de fumée isolé
Située le long du mur extérieur	À l'intérieur de l'enveloppe de la maison
Conduit de section différant de celle de la buse	Conduit de section correspondant à celle de la buse de l'appareil
Comporte des déviations	Droite
Hauteur totale du système inférieure à 4,5 mètres	Hauteur totale du système supérieure à 4,5 mètres
Hauteur de la cheminée inférieure à l'exigence du code	Hauteur de la cheminée supérieure à l'exigence du code
Cheminée dominée par le toit	Cheminée dominant le faîte du toit
Les fuites amènent un refroidissement et de la dilution	Cheminée bien scellée

Maison/Réglage

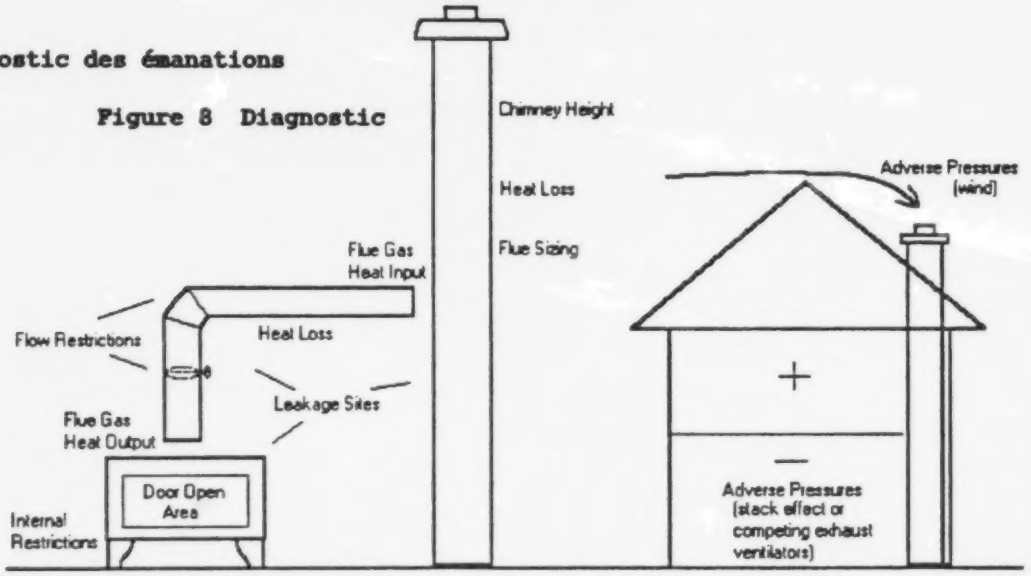
Favorise les émanations	**Résiste aux émanations**
Comporte des ventilateurs d'extraction puissants	Aucun ventilateur d'extraction puissant
Appareil situé sous le plan de pression neutre	Appareil situé au-dessus du plan de pression neutre
Maison basse par rapport au milieu environnant	Maison non soumise aux obstructions du vent

Utilisateur de l'appareil

Favorise les émanations	**Résiste aux émanations**
Tolère les odeurs de fumée de bois	Ne tolère pas la fumée de bois
Fait systématiquement fonctionner l'appareil à faible régime	Sait comment éviter les feux couvants
Utilise mal la clé du tuyau de raccordement	Utilise avec discernement le registre à manette du tuyau de raccordement
Peu d'expérience en chauffage au bois	Expérimenté en chauffage au bois

Résumé du diagnostic des émanations

Figure 8 Diagnostic



Chimney Height = Hauteur de la cheminée
Heat Loss = Perte de chaleur
Flue Sizing = Dimensionnement du conduit
Flue Gas Heat Input = Input de chaleur des gaz de combustion
Flow Restrictions = Restrictions du débit
Heat Loss = Perte de chaleur
Flue Gas Heat Output = Output de chaleur des gaz de combustion
Leakage Sites = Zones de fuite
Internal Restrictions = Restrictions internes
Door Open Area = Surface d'ouverture des portes

Adverse Pressures (wind) = Pressions défavorables (vent)
Adverse Pressures (stack effect or competing exhaust ventilators = Pressions défavorables (effet de tirage ou ventilateurs d'extraction antagonistes)

Résumé des mesures correctives

Tableau 3 - Mesures correctives

	Diagnostic	Correctif
Température de la cheminée	Cheminée extérieure refroidie	1. Encloisonner dans une niche 2. Rechemiser et isoler 3. Aménager la cheminée à l'intérieur
	Conduit de fumée surdimensionné ou sous-dimensionné	1. Rechemiser à la section appropriée 2. Remplacer par une cheminée de dimensions appropriées
	Perte de chaleur excessive du tuyau de raccordement	1. Remplacer par un conduit à double paroi scellé 2. Relocaliser l'appareil ou la cheminée pour raccourcir le parcours du tuyau de raccordement 3. Remplacer les coudes de 90° par des coudes de 45°
	Température peu élevée des gas de combustion provenant de l'appareil	1. Indiquer à l'utilisateur d'activer la combustion et d'éviter les feux couvants 2. Indiquer à l'utilisateur les conséquences d'employer un régulateur bimétallique 3. Fendre le bois plus petit, faire usage de bois sec 4. Remplacer un appareil surdimensionné par un de dimensions appropriées 5. Remplacer un appareil classique par un modèle de technologie évoluée

Restrictions du débit	Coudes du tuyau de raccordement	Remplacer les coudes de 90° par des coudes de 45°
	Clé dans tuyau du raccordement	1. Si possible, enlever la clé 2. Indiquer à l'utilisateur l'emploi judicieux de la clé
	Accumulation de créosote ou obstruction du raccord	Ramoner la cheminée ou refaire le raccord
	Registre de dérivation de l'appareil	Indiquer à l'utilisateur à bien faire usage du registre de dérivation
Influences externes	Partie supérieure de la cheminée influencée par le vent ou les obstacles à proximité	1. Élever la cheminée 2. Enlever les obstacles
	Pressions défavorables	1. Supprimer le ventilateur d'extraction antagoniste 2. Aménager une prise d'air de compensation 3. Indiquer à l'utilisateur d'éviter de faire fonctionner des ventilateurs d'extraction en même temps que le poêle à bois

Résumé des directives visant à prévenir les émanations

À l'issue d'une inspection en règle de l'installation de chauffage et de la maison destinée à relever la cause conceptuelle ou mécanique des émanations et de l'adoption de mesures correctives pour mieux parer aux émanations, informez l'utilisateur des techniques à suivre pour atténuer les risques d'émanations. Les techniques suivantes se répartissent en trois catégories : comprendre et corriger le refoulement des fumées à froid, savoir comment élever la température moyenne des gaz de combustion, et procéder à l'entretien requis pour éviter de créer des restrictions et permettre à l'appareil de bien fonctionner.

1. Refoulement à froid

Expliquez brièvement comment s'exerce l'effet de tirage dans la maison. L'air de la maison étant chaud par rapport à l'extérieur crée une basse pression au sous-sol, mais une pression élevée aux niveaux supérieurs à mesure que s'élève la température de l'air chaud. Lorsque la cheminée longe l'extérieur de la maison, entraînant un refroidissement de la cheminée, et que l'appareil se trouve au sous-sol, la maison se comporte de telle sorte qu'elle se sert de la cheminée comme prise d'admission d'air. Faites ressortir que la pression d'aspiration d'une cheminée érigée à l'intérieur de la maison l'emporte généralement sur l'effet de tirage de la maison.

Pour remédier au refoulement à froid sans causer d'émanations :
- Ouvrez une fenêtre du sous-sol pour libérer de la pression avant d'allumer le feu.
- Réchauffez la trappe de ramonage de la cheminée à l'aide d'un séchoir à cheveux.

Pour remédier au refoulement, mais risquer un peu d'émanations :
- Brûlez du papier journal dans la trappe de ramonage ou l'appareil.

2. Élévation de la température moyenne des gaz évacués

Voici les techniques à adopter :
1. Allumez le feu au moyen d'une bonne provision de papier journal, soit de 6 à 10 feuilles chiffonnées.
2. Faites usage d'une bonne provision de petit bois sec.
3. Au moment d'allumer le feu, ouvrez complètement les commandes d'air.
4. Dès que le petit bois est carbonisé et se consume vivement, ajoutez quelques pièces de bois de dimensions intermédiaires, sans étouffer le feu.
5. N'ajoutez jamais une seule pièce de bois à la fois.
6. Ne rechargez jamais l'appareil avant que ne commence à baisser la température de la pièce ou de la maison.
7. Faites fonctionner l'appareil par cycles - un cycle correspond à la période s'écoulant entre le chargement de bois sur un lit de braises et la formation d'un autre lit de braises de même taille.
8. Au moment de charger le bois sur un lit de braises, ajoutez toujours au moins trois bûches et, de préférence, six ou sept.
9. Si vous désirez moins de chaleur, chargez des morceaux plus petites, mais n'en diminuez pas le nombre.

10. Au printemps et à l'automne, pour «faire une attisée», adoptez la technique éclair en entrecroisant plusieurs petits morceaux.
11. Pour un long cycle, pendant la nuit par exemple, employez des bûches plus grosses disposées de façon compacte.
12. Ne laissez jamais les cendres s'accumuler dans l'âtre. Dans le cas de nombreux appareils, il est recommandé de retirer une certaine quantité de cendres tous les matins.
13. Installez un thermomètre de tuyau de raccordement à environ 450 mm (18 po) au-dessus de la buse. Pour établir les températures de fonctionnement tout indiquées, procédez comme suit : après l'embrasement initial, alimentez l'appareil au taux minimal soutenant une flamme tout en surveillant la température qu'enregistre le thermomètre. Dès cet instant, ne laissez jamais la température descendre sous ce point jusqu'à ce qu'il se forme un lit de braises.
14. Lorsque vous rechargez l'appareil, brûlez le bois à plein régime entre 20 et 45 minutes jusqu'à ce qu'il flambe vivement et soit bien carbonisé.

Voici ce à quoi doit s'attendre l'utilisateur :

1. En l'absence de flammes, il y a lieu de se poser des questions : le bois qui brûle doit flamber jusqu'à ce qu'il ne reste que des braises.
2. La chambre de combustion en briques réfractaires se doit d'être de couleur jaune-brun, jamais noire.
3. L'acier du foyer doit prendre un ton de brun clair à brun foncé, jamais noir et brillant.
4. Lorsque tout se déroule normalement, l'utilisateur doit s'attendre à voir s'enflammer instantanément le nouveau chargement de bois - les pièces du dessous doivent s'être enflammées aussitôt la porte fermée.
5. La porte en verre du poêle avec balayage d'air doit rester claire.
6. La porte en verre d'un poêle sans balayage d'air peut être voilée, mais jamais complètement noircie.
7. Les gaz évacués au sommet de la cheminée doivent être clairs ou de couleur blanche. Un soupçon de fumée bleue ou grise indique un feu couvant et probablement de faibles températures de fonctionnement.

3. Entretien préventif

1. Inspectez périodiquement l'appareil, le tuyau de raccordement et la cheminée pour éviter l'accumulation de cendres, de suie et de créosote, et ramonez-les aussi souvent que possible pour éviter qu'il s'y crée des restrictions.
2. Vérifiez l'intérieur de l'appareil pour faire en sorte, par exemple, que l'isolant ne se soit pas déplacé.
3. Vérifiez et nettoyez périodiquement la chambre de combustion catalytique; retirez les cendres.
4. Vérifiez le ruban d'étanchéité de la porte, du verre et du cendrier; l'objectif ne consiste pas à conserver l'appareil aussi «étanche à l'air» que possible, mais à s'assurer que l'admission d'air comburant emprunte uniquement la voie prévue à cette fin.